ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS
Titulación: **Ingeniería Geológica**

PROYECTO FIN DE CARRERA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

EVOLUCIÓN DEL SOFTWARE DE INVERSIÓN DE SRM Y PROPUESTA DE BASE DE DATOS

JUAN PEDRO MARTÍN SANZ JULIO 2012

TITULACIÓN: INGENIERÍA GEOLÓGICA

Autorizo la presentación del proyecto
Evolución del software de inversión de SRM y propuesta de base de datos

Realizado por
Juan Pedro Martín Sanz

Dirigido por
Juan Luis Plata Torres

Firmado: **Prof. Juan Luis Plata Torres**
Fecha:

AGRADECIMIENTOS

Quiero mostrar mis agradecimientos a todo el personal del IGME y de la ETSI de Minas que me han ayudado en la realización de este proyecto, en especial a mi profesor tutor Juan Luis Plata Torres por sus enormes cantidades de paciencia y por haberme mostrado este mundo tan maravilloso del Método de Sondeos de Resonancia Magnética. Agradecer también a mi familia todo el apoyo que constantemente he recibido y recibo por parte de ellos.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE TABLAS

Documento 1: Memoria

Documento 2: Estudio Económico

Resumen

Los objetivos de este proyecto son la reinterpretación de los sondeos de resonancia magnética (SRM) realizados por el IGME en los acuíferos de Doñana y Estaña empleando el nuevo software de inversión SAMOVAR 11 y la realización de un inventario en formato de ficha de estos SRM. Se busca determinar si las nuevas características del software permiten mejorar el comportamiento de las inversiones de datos de SRM. Para llevar a cabo el reprocesamiento se usaron las distintas inversiones posibles de SAMOVAR 11 y se comparó cada caso con la inversión realizada con la versión anterior del software de inversión, SAMOVAR 6. Se determinó la existencia de coherencia en las inversiones complejas de amplitud y fase realizadas con SAMOVAR 11 proponiendo la realización de un estudio en campo para conocer con más exactitud las características de SAMOVAR 11. Por último las fichas de los SRM se realizaron teniendo en cuenta los principales parámetros de un SRM concluyendo en la utilidad que tendría una relación de todos los SRM realizados por el IGME siguiendo el formato aquí presentado u otro distinto.

Abstract

The aims of this project are the reintepretation of the magnetic resonance sounding (MRS) realized by the IGME in the auriferous of Doñana and Estaña using the new software of inversion SAMOVAR 11 and the accomplishment of an inventory in format of card of these MRS. It is sought to determine if the new characteristics of the software allow to improve the behavior of the inversions of information of MRS. To carry out the reprosecution there used SAMOVAR 11's different possible inversions and every case was compared with the inversion realized with the previous version of the software of inversion, SAMOVAR 6. The coherence existence decided in the complex investments of amplitude and phase. The coherence existence determined in the complex inversions of amplitude and phase realized with SAMOVAR 11 proposing the accomplishment of a study in field to know with more accuracy the characteristics of SAMOVAR 11. Finally the cards of the SRM were realized bearing in mind the principal parameters of a SRM concluding in the usefulness that it would have a relation of all the SRM realized by the IGME following the format here presented or other different.

EVOLUCIÓN DEL SOFTWARE DE INVERSIÓN DE SRM Y PROPUESTA DE BASE DE DATOS

DOCUMENTO 1: MEMORIA

1 Objetivos y alcance

Objetivos

- Generar una recopilación de los sondeos de resonancia magnética (SRM) realizados en España por el IGME.

- Proponer y diseñar el formato de las fichas de una posible base de datos de SRM para facilitar el acceso a los resultados obtenidos.

- Reprocesar los sondeos de resonancia magnética (SRM) realizados por el IGME utilizando el software SAMOVAR 11.

- Comparar los resultados obtenidos con SAMOVAR 11 y con SAMOVAR 6.

- Obtener conclusiones acerca de los comportamientos mostrados por las inversiones de los SRM.

Alcance

- Reprocesamiento con el software SAMOVAR 11 y comparativa de las inversiones generadas con el software SAMOVAR 6 para los SRM de los informes:

    - "Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana, Huelva)"
      Noviembre 2007.

    - "Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)"
      Mayo 2010.

- Recopilación de todos los SRM efectuados en España por el IGME.

- Maquetación de las fichas de los SRM efectuados en los acuíferos de Doñana y Estaña por el IGME.

2 Notaciones

Todas las notaciones utilizadas tanto en las fórmulas como en el resto de este documento aparecen en la tabla 1, en caso contrario estarán definidas en el propio texto.

Tabla 1: Notaciones utilizadas en este proyecto

Notación	Variable
SRM	Sondeo de Resonancia Magnética
f_L	Frecuencia de Larmor
ω_L	Frecuencia angular de Larmor
f	Frecuencia
ω	Frecuencia angular
γ	Índice giromagnético del protón
r	Vector de posición
$M_0(r)$	Momento magnético macroscópico de los protones de hidrógeno
B_0	Amplitud del campo geomagnético
Tx	Bucle transmisor
Rx	Bucle receptor
i(t)	Intensidad de corriente en el bucle transmisor
I_0	Máxima excitación corriente-intensidad o corriente-amplitud
τ	Duración del pulso de excitación
q	Momento de excitación o pulso de excitación
e(t)	f.e.m. en el bucle receptor (señal de agua)
E_0	Valor inicial de e(t)
B_T	Campo primario generado por el bucle transmisor
B_R	Campo secundario registrado por el bucle receptor
$B_{T\perp}$	Campo primario perpendicular a B_0
$B_{R\perp}$	Campo secundario perpendicular a B_0
$\theta(r)$	Ángulo de inclinación entre Mo respecto B_0
T_d	Tiempo de decaimiento
T_1, T_2	Tiempos de decaimiento longitudinal y transversal
T_1*, T_2*	Tiempos de decaimiento longitudinal y transversal, medidos
φ	Fase
w(r)	Distribución del contenido de agua en el modelo
θ_{SRM}	Cantidad de agua proveniente de la inversión de un SRM
n	Porosidad total
n_e	Porosidad efectiva
θ_f	Agua libre
S_u	Coeficiente de almacenamiento libre
S_c	Coeficiente de almacenamiento confinado
S_r	Coeficiente de retención específico
S_y	Coeficiente de rendimiento específico
S_e	Coeficiente de almacenamiento elástico
S_d	Coeficiente de drenaje específico
K	Conductividad hidráulica
k	Permeabilidad
T	Transmisividad
z	Profundidad
Δz	Espesor
V6	Inversión realizada con la versión SAMOVAR 6
V11	Cualquier inversión de SAMOVAR 11
V11A	Inversión de amplitud de SAMOVAR 11
V11CA	Inversión compleja de amplitud de SAMOVAR 11
V11CAF	Inversión compleja de amplitud y fase de SAMOVAR 11

3 Definición del problema tratado

El Método de Sondeos de Resonancia Magnética es un método geofísico de aparición reciente que se encuentra en un proceso de pleno desarrollo por tanto, la instrumentación empleada en este método y el software necesario para realizar la inversión de los datos geofísicos se encuentran en plena evolución para asimilar los comportamientos físicos que se observan y que se intentan modelizar para llevar a cabo la inversión.

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) desde finales de los años noventa ha realizado diversos estudios acerca de este método y para continuar esta línea de investigación ha adquirido una nueva versión del software de inversión de datos, SAMOVAR 11, que muestra una serie de diferencias respecto a la versión anterior, SAMOVAR 6. La diferencia principal radica en la posibilidad de reducción de un efecto en el SRM provocado por la existencia de un acuífero somero y cuerpos conductores en el subsuelo que genera la aparición de un acuífero en profundidad en zonas donde esto no es posible. Por todo lo anterior es necesaria la comprobación del funcionamiento del software de inversión SAMOVAR 11 realizando una comparativa entre los resultados obtenidos con esta versión de software y la versión anterior, SAMOVAR 6, e intentar concluir si el efecto de generar acuíferos inexistentes en profundidad desaparece y además el observar los comportamientos que presenten las inversiones realizadas con SAMOVAR 11.

Esto se hará con los datos provenientes de los SRM realizados por el IGME en los acuíferos de Doñana y Estaña, además se deberá llevar a cabo una recopilación de los datos generados para estos acuíferos en forma de ficha donde se recojan los datos correspondientes a cada SRM realizado por el IGME en estos acuíferos, existiendo la posibilidad de ampliar esta recopilación de datos de los SRM en forma de ficha a todo SRM realizado por el IGME.

4 Base física del método de SRM

4.1 Microscópicamente

El momento angular del movimiento de spin de los núcleos atómicos viene dado por:

$$p = I\hbar = I\frac{h}{2\pi}$$

Donde $\hbar$ es la constante de Planck modificada (h= 6'626.10^{-34} J) e I el número cuántico de spin característico de cada isótopo, de forma que presentarán momento angular aquellos isótopos con $I \neq 0$, y además para que puedan ser observables por medio de resonancia magnética nuclear (RMN) deben cumplir que I <1 (p.ej.: ^{1}H, ^{13}C, ^{15}N, ^{19}F, ^{31}P,…).

Ya que el núcleo gira, y al estar éste cargado eléctricamente, provoca la aparición de un campo magnético, por lo que se puede comparar al núcleo de un elemento capaz de resonar con un dipolo que presenta un momento magnético μ.

En presencia de un campo magnético estático B_0 aparecen $2 \cdot I + 1$ subniveles energéticos, para el átomo de hidrógeno: $I(^{1}H) = \frac{1}{2}$ por lo que aparecen 2 subniveles energéticos definidos por el número cuántico magnético m, con valores $m = 1, m = -1$ separados por una energía igual a $h \cdot \nu$. , siendo la orientación del spin en el estado de mínima energía paralelo al campo magnético estático, y en el estado de máxima energía antiparalelo al campo magnético estático.

La transición entre ambos subniveles ocurre cuando el núcleo absorbe una energía igual a la constante de Planck por una frecuencia υ tal que:

$$\nu = \frac{\gamma B_0}{2\pi} = \nu_L$$

Donde:

ν_L: frecuencia de Larmor, expresada en hertzios

$\gamma = \frac{\mu}{p}$: relación giromagnética característica de cada isótopo. Para los protones de hidrógeno: $\gamma = 0,2675\ rad/s/nT \Rightarrow \nu_L = 0,04254597 B_0$

La energía necesaria para la transición entre los subniveles energéticos, figura 1, se consigue mediante la introducción de un nuevo campo magnético externo B_1 con una frecuencia igual a la frecuencia de Larmor. Por la acción del campo magnético B_1 los protones absorben la energía necesaria, pasando del estado fundamental al estado excitado en el que permanecerán mientras B_1 no desaparezca; si desapareciese los protones volverían a su estado fundamental, ya que es el de menor energía, provocando la emisión de un fotón de valor $E = h\nu$. Esta energía electromagnética es la que da lugar a la señal que se registra en una resonancia magnética nuclear.

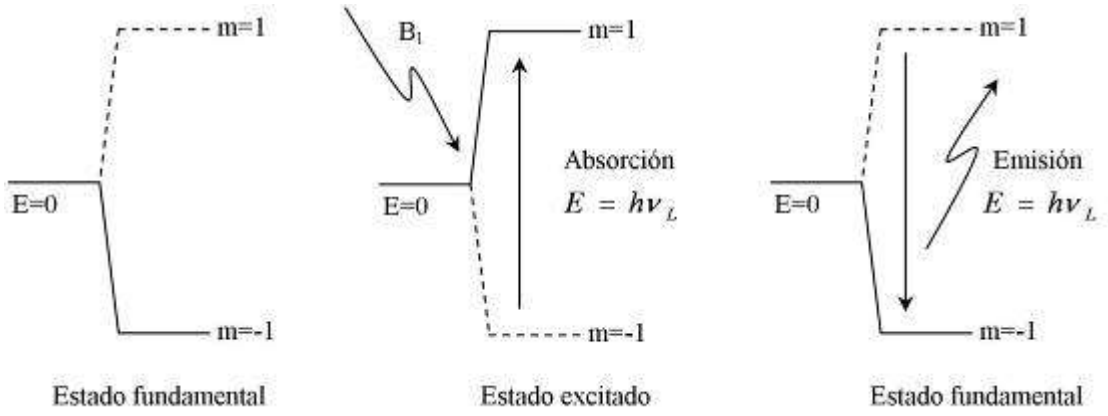


Figura 1: Esquema energético de la resonancia magnética nuclear

4.2 Macroscópicamente

Macroscópicamente los protones (en nuestro caso del hidrógeno en el agua) se encuentran inicialmente alineados con B_0 presentando un momento magnético M_0:

$$M_0 = n\left(\frac{\gamma^2 h^2}{4kT}\right)B_0$$

Donde:

n: número de protones de hidrógeno por unidad de volumen

T: temperatura absoluta, expresada en grados Kelvin

h, k, γ: la constante de Planck, constante del Boltzman y la relación giromagnética de los protones de hidrógeno

En un punto situado a una distancia r desde la superficie, el momento magnético debido a un $dV(r)$ de roca con una distribución volumétrica de agua $w(r)$ tal que $w(r) \in [0,1]$ es: $dM(r) = M_0 w(r) dV(r)$

Cuando se coloca un bucle de cable sobre la superficie terrestre y se hace circular por él una corriente alterna con una intensidad I_0 y una frecuencia angular de Larmor ω_L durante un intervalo de tiempo τ, se genera (figura 2) un campo magnético oscilante $B_1 = B_T \exp(-i\omega_L t)$, con un valor máximo por unidad de corriente: $b_t = \frac{B_T}{I_0}$

Este campo presenta una componente perpendicular a B_0, denominada $b_{T\perp}(r)$, cuya amplitud depende de la distancia, la resistividad del medio y la inclinación del campo geomagnético, que provoca la resonancia de los protones inclinando $dM(r)$ con respecto B_0 un ángulo θ:

$$\theta(r) = 0,5\gamma b_{T\perp}(r) I_0 \tau = 0,5\gamma b_{T\perp}(r) q$$

Donde:

$q = I_0 \tau$: pulso o momento de excitación, expresada en amperios por milisegundo.

Produciendo una componente $dM_{\perp}(r)$ perpendicular al campo B_0:

$$dM_{\perp}(r) = M_0 w(r) sen(\theta(r)) dV(r)$$

Cuando se cesa el paso de corriente, el pulso termina, la componente $dM_{\perp}(r)$ no desaparece de forma instantánea, sino que provoca que el vector $dM(r)$ precesione alrededor de B_0 hasta que vuelve a quedar alineado con él. El movimiento de este momento magnético diferencial (que se puede aproximar a un dipolo) genera un campo electromagnético secundario que induce un voltaje en la antena receptora que se encuentra en superficie. Este voltaje inducido es la señal del sondeo de resonancia magnética (de ahora en adelante SRM).

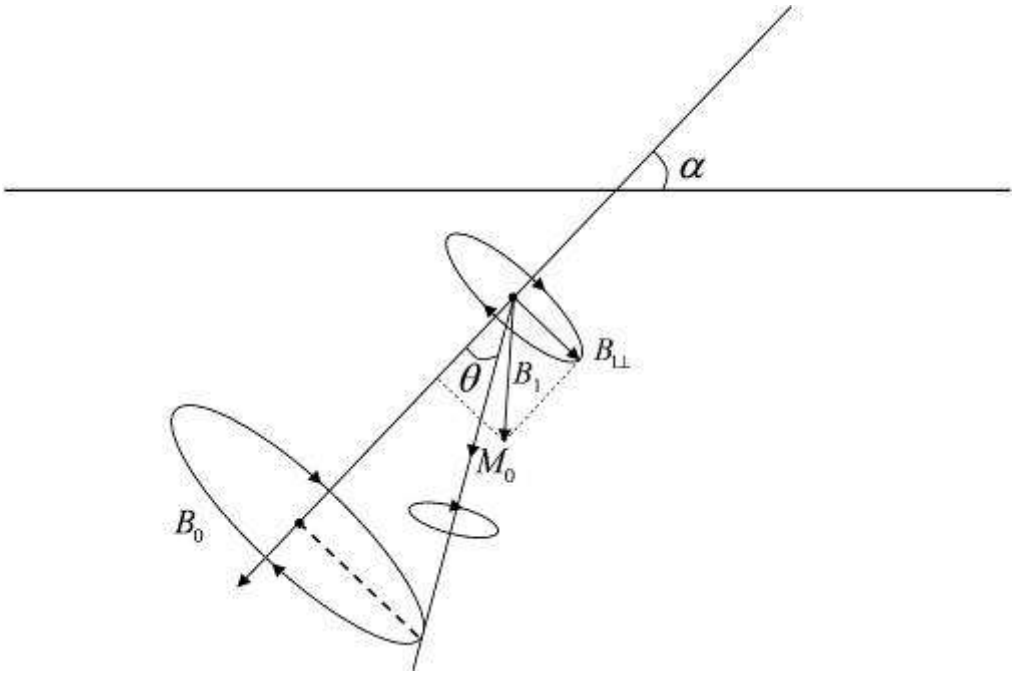


Figura 2: Esquema del modelo vectorial de la RMN

Tomando un sistema de coordenadas de rotación y para un valor de q fijado, se obtiene una ecuación para la variación del voltaje en función del tiempo, free induction decay time (FID):

$$e(t,q) = -\int_V dM_{\perp}(r)\omega_L b_{R\perp}(r)\exp(-t/T_d(r))$$
$$= -\int_V \omega_L M_0 w(r) b_{R\perp}(r)\sin(\theta(r))\exp(-t/T_d(r))dV(r)$$
$$= E_0(q)\exp(-t/T_d/(r))dV(r)$$

Donde:

$b_{R\perp}(r)$: campo de inducción magnética creado por una unidad de corriente en la antena receptora, expresada en nanoteslas.

$T_d(r)$: constante de decaimiento, expresada en milisegundos.

$E_0(q)$: la amplitud inicial, expresada en nanovoltios, la cual al depender de $\theta(r)$ depende por tanto, únicamente de q, puesto que el resto de parámetros que definen $\theta(r)$ es conocido, al igual que el resto de parámetros de la ecuación:

$$E_0(q) = -\int_V \omega_L M_0 w(r) b_{R\perp}(r) \sin(\theta(r)) dV(r)$$

Asumiendo que:

i. El tiempo del pulso sea mucho menor a la constante de decaimiento: $\tau \ll T_d$
ii. La componente perpendicular del campo magnético que genera la antena sea menor al campo geomagnético: $b_{T\perp} < B_0$

La ecuación de $e(t,q)$ es la envolvente del voltaje inducido tras su paso por un detector síncrono presente en la instrumentación.

Como la excitación generada es una corriente alterna de frecuencia ω_L, midiendo $e(t,q)$ en un sistema de coordenadas fijo y considerando un desfase φ entre el campo electromagnético secundario y el inducido en la antena, se tiene:

$$e(t,q) = E_0(q) \sin(\omega_L t + \varphi) \exp(-t / T_d / (r))$$

Para un valor dado esta ecuación es lineal respecto a w(r), por tanto al aumentar q se calculan valores de w(r) para distintas profundidades dando lugar al SRM.

Por último, para calcular los límites de las capas saturadas de agua a partir de los valores de $E_0(q)$ medidos, la ecuación de $E_0(q)$ debe ser resuelta. En caso de capas horizontales e infinitas, con un valor de w(r) constante dentro de cada capa, la ecuación de $E_0(q)$ se puede reescribir como la convolución de una función núcleo $k(q,z)$, respuesta de una capa delgada de agua a una profundidad z, con la función de concentración de agua en función de la profundidad:

$$E_0(q) = \int_0^\infty k(q,z) w(z) dz \qquad (1)$$

$$k(q,z) = \omega_L M_0 \int_{x,y} b_{R\perp}(z) \sin(\theta) dxdy$$

La función $k(q,z)$ tiene en cuenta parámetros que afectan a la señal $E_0(q)$. Invirtiendo la ecuación (1) se obtienen los valores de w(z), pero estos valores de w(z) no son únicos, existen diferentes funciones de w(z) que dan el mismo valor de $E_0(q)$ dando lugar al principio de equivalencia, por el que dos capas a una profundidad z con espesores $\Delta z_1, \Delta z_2$ y contenidos en agua w_1, w_2 son equivalentes si: $\Delta z_1 w_1 = \Delta z_2 w_2$, lo que hace imposible en este tipo de casos discernir la solución exacta.

4.3 Tiempo de decaimiento Td

4.3.1 Cuestiones generales de Td

El tiempo de decaimiento es el tiempo en el cual la señal ha disminuido aproximadamente a un tercio de su valor inicial. Este tiempo es una propiedad del sistema de protones y de su medio. Tal y como se ha visto, el vector $dM(r)$ posee una componente en la dirección del campo geomagnético y otra perpendicular al mismo, por lo que el T_d no es igual en estas direcciones: en la dirección longitudinal a B_0 a T_d se le denomina T_1, y en la dirección transversal T_2 ;la relación entre ambos es: $T_1 \approx 1,5T_2$

T_1 y T_2 tienen orígenes diversos:

T_1: Depende de la rapidez de transferencia de energía entre los spines excitados y el medio que les rodea

T_2: Disminuye debido al desfase de las componentes transversales de magnetización debido a campos magnéticos locales creados por átomos cercanos, o por imperfecciones en el campo magnético estático (B_0), por esto los protones no precesionan todos en la misma frecuencia, produciendo el decaimiento de la señal. Este decaimiento se denomina Free Induction Decay (FID) y al tiempo de decaimiento medido, que por lo dicho anteriormente no corresponde exactamente con T_2 siendo éste menor, se le denomina T_2*.

Para la obtención de T_2* se ajusta una exponencial a la señal registrada para cada pulso, y para la obtención de T_1 generalmente se utilizan dos pulsos de duración determinada con un intervalo conocido de tiempo entre ellos:

1. El primer pulso desvía los protones de su posición de equilibrio y se cesa el impulso.
2. Después de un tiempo adecuado de retraso T_i, el segundo pulso lleva la componente del momento magnético longitudinal, parcialmente relajada, al plano transversal facilitando su detección.

$$A(T_i) = A_0[1 - 2\exp(T_i / T_1)]$$

Donde $A(T_i)$ es la amplitud de la señal medida

A_0 es la amplitud en equilibrio

A la hora de conocer los factores influenciables a cada uno de los tiempos de relajación, es necesario conocer los mecanismos de relajación de la señal de RMN:

4.3.2 Relajación por superficie de grano

Los protones presentes en los átomos del fluido se encuentra en movimiento, golpeando las paredes de los poros donde se encuentran, provocando:

Transferencia de energía desde los protones de hidrógeno hacia la superficie del grano facilitando el alineamiento con $B_0 \rightarrow$ contribuye a T_1

El desfase irreversible de los protones $\rightarrow$ contribuye a T_2

Este es el principal mecanismo de relajación, siendo diferente para cada tipo de grano, llevando a definir la relatividad de superficie χ_0 como la facilidad de una superficie para relajar protones. Además, el tamaño de poro influye en la transferencia de energía con las paredes del poro, y esto depende de su relación superficie/volumen (s/v)

$$\frac{1}{T_2} = \chi_{02} \frac{s}{v}$$

$$\frac{1}{T_1} = \chi_{01} \frac{s}{v}$$

Para un único poro, la magnetización decae exponencialmente generando que la señal total sea proporcional a la porosidad y el decaimiento de la señal sea la suma de los decaimientos individuales, lo que refleja la distribución de poros y por tanto la litología, tal y como se muestra en la figura 3, y en términos de T_2* y la litología en la tabla 2.

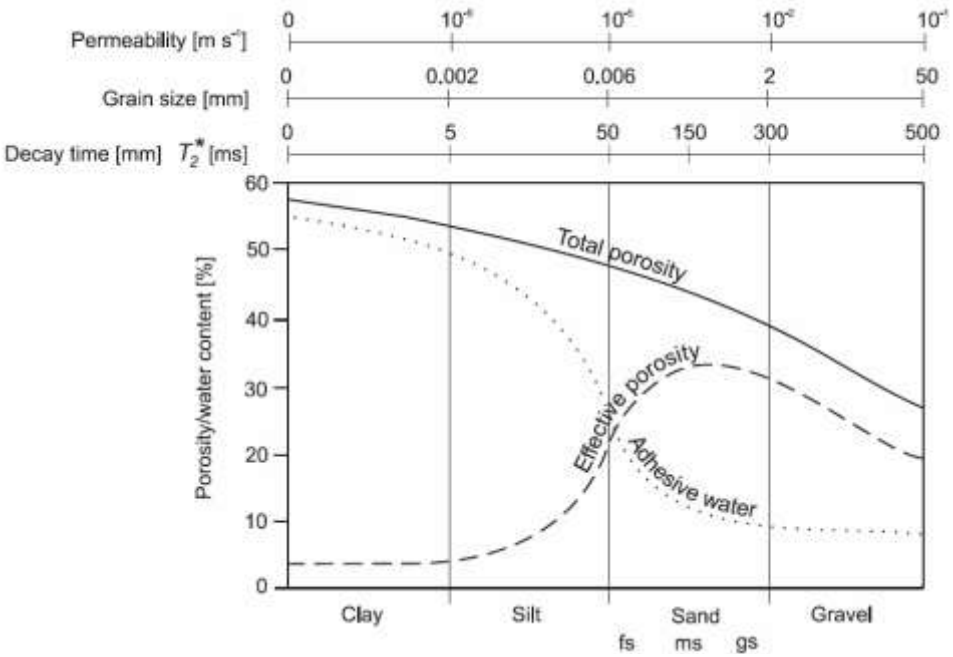


Figura 3: Relación entre permeabilidad, tamaño de grano, T_2* y porosidades

Tabla 2: Valores de T_2* para distintas litologías detríticas

T_2* (ms)	Litología
<30	Arcilla arenosa
30-60	Arena arcillosa, arena muy fina
60-120	Arena fina
120-180	Arena media
180-300	Arena gruesa, arena muy gruesa
300-600	Depósitos de grava
600-1500	Cuerpos superficiales de agua

FUENTE: Schirov *et al.* (1991)

4.3.3 Relajación por difusión molecular

Cuando existe un gradiente en el campo magnético estático (B_0) se puede producir un desfase de los protones ayudando a la relajación de T_2, no así de T_1,que no está influenciado. Si no existe gradiente en el campo estático, no existe este tipo de relajación

4.3.4 Relajación por procesos del fluido

Causada por la relajación en el volumen de fluido. Cuando hay poros grandes la fase húmeda no llega a relajarse superficialmente con el poro y por tanto no pueden relajarse por el mecanismo de relajación de superficie.

Los procesos de relajación se dan a la vez siendo por tanto aditivos:

$$(\frac{1}{T_2})_T = (\frac{1}{T_2})_S + (\frac{1}{T_2})_D + (\frac{1}{T_2})_B$$

$$(\frac{1}{T_1})_T = (\frac{1}{T_1})_S + (\frac{1}{T_1})_B$$

Donde: $(\ )_T$: total

$(\ )_S$: contribución de superficie

$(\ )_D$: contribución de la difusión por el gradiente del campo magnético estático

$(\ )_B$: contribución de la relajación del fluido

4.4 Aplicabilidad del modelo

En este apartado se va a llevar a cabo una enumeración de las hipótesis que se han seguido anteriormente en la explicación del modelo, por lo que los casos de estudio deberían adaptarse a estas hipótesis para que los resultados de la inversión sean significativos y reales.

Las hipótesis utilizadas han sido:

- Se asume una topografía y una estratificación horizontal.
- La antena emisora es a su vez receptora.
- No se tiene en cuenta el efecto de capas conductoras.
- No se tiene en cuenta el comportamiento de la fase de pulsos de gran amplitud o momento en el caso de acuíferos someros.
- Se asume que cada capa de agua saturada presenta el mismo tamaño de poro.

4.5 Factores influyentes en la medida de SRM

4.5.1 Tipo de acuífero

El tiempo de decaimiento de la señal depende de la litología, además sólo se podrán medir tiempos de decaimiento mayores que el umbral de detección de la instrumentación. Por tanto, todo factor que influya en una variación del tiempo de decaimiento influirá en la medida del SRM provocando una variación en el mismo.

Como se ha visto el primer factor de variación del tiempo de decaimiento es el material que conforma el acuífero, influyendo el tamaño de los poros del mismo, por lo que los tiempos de decaimiento entre litologías y entre ambientes sedimentarios serán distintos.

Otro factor influyente es la susceptibilidad magnética de la roca, la cual modifica el campo geomagnético en la zona provocando diferencias entre la frecuencia de Larmor y la introducida por la corriente alterna a través de la antena. Altos gradientes geomagnéticos en la zona pueden llegar a imposibilitar la medición de SRM al reducir los tiempos de decaimiento.

4.5.2 Potencia, profundidad y número de capas

Puesto que al aumentar los valores de q la profundidad también aumenta, y puesto que las amplitudes máximas tienen que ver con la cantidad de agua, variaciones en estos parámetros provocarán cambios en la señal, al igual que en el caso de tener un acuífero multicapa, ya que la señal registrada provendrá de cada una de las capas acuíferas. En la figura 4, se observa el efecto que genera estas características del acuífero en la señal (sintética) del SRM, los estratos oscuros que aparecen en las columnas al lado de cada gráfico representan a un acuífero con valores de w=20 %, T_2*=200 ms y un SRM realizado con una antena circular de 100 m, con una frecuencia de Larmor de 1980 Hz, una profundidad máxima de 100 m, inclinación del campo geomagnético de 55 º, un valor máximo de q de 15 000 A.ms y como modelo geoeléctrico una capa con resistividad de 50 Ωm.

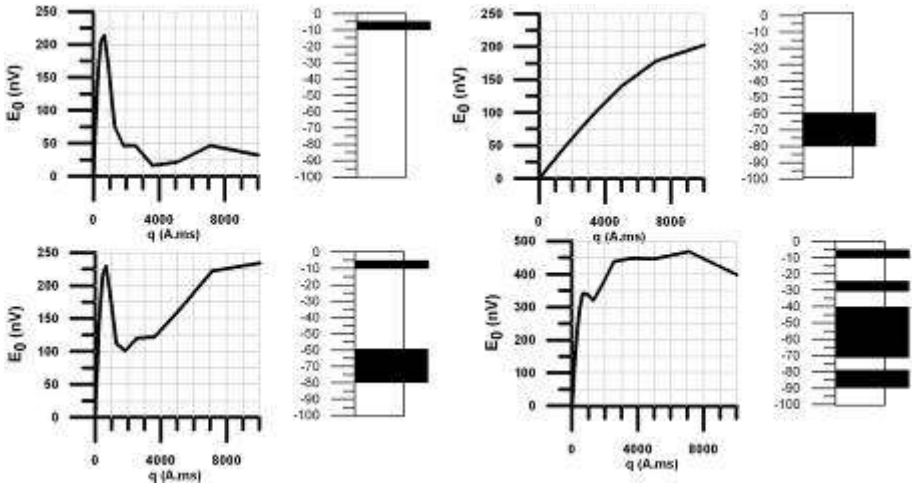


Figura 4: Efecto del tipo de acuífero en la señal de un SRM

4.5.3 Conductividad del terreno

La penetración del campo electromagnético generado por la antena está controlada por la conductividad del medio conforme a la profundidad de skin, reduciéndose en presencia de materiales con alta conductividad. No obstante, mayores profundidades de skin no significan mayores profundidades de penetración, ya que la señal eléctromagnética de la resonancia es proporcional al cuadrado del campo geomagnético, siendo este efecto mayor que el de la profundidad de skin, permitiendo llegar a profundidades máximas de 150-200 m.

No sólo se reduce la profundidad máxima de penetración, sino que además una capa conductora provoca un efecto de apantallamiento de la señal reduciendo su amplitud tal y como se aprecia en la figura 5 donde se muestra la señal que tendría un SRM con una capa conductora entre dos cuerpos acuíferos saturados utilizando el mismo modelo hidrogeológico y geoeléctrico pero con un estrato con valor de conductividad diferente entre los dos cuerpos acuíferos, observándose claramente la aparición del segundo cuerpo cuando no existe la capa conductora y variando tanto la amplitud como la morfología de la curva de amplitud cuando la parte conductora está presente.

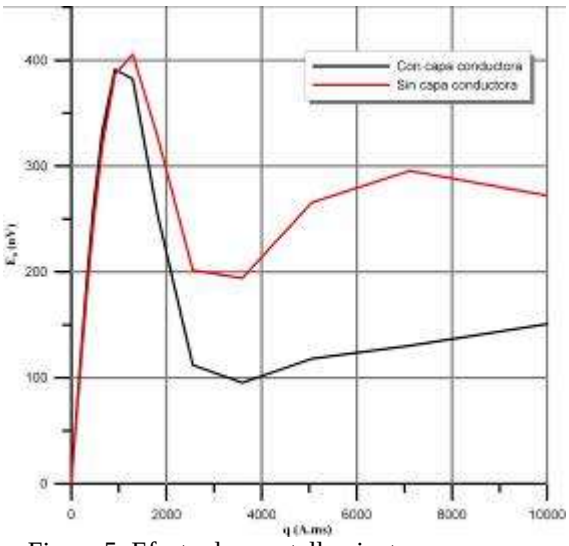


Figura 5: Efecto de apantallamiento por una capa conductora

Por último, en presencia de un medio conductivo, aparecen corrientes parásitas inducidas por el campo electromagnético generado por la antena, de forma que una vez cesado el pulso estas corrientes parásitas actúan generando un campo secundario que influye en la medida, y que debe ser por tanto tenido en cuenta a la hora de generar el modelo. Esta problemática a la hora de realizar un SRM en zonas con altas conductividades genera que sea casi imposible realizar un SRM con los medios actuales en localizaciones con presencia de materiales altamente conductores (como en regiones volcánica,…).

4.5.4 Magnitud e inclinación (α) de B_0.

Como se ha visto anteriormente el índice giroscópico de los isótopos depende del valor del campo B_0, por lo que variaciones en él provocan variaciones en dicho índice y por tanto en la frecuencia de Larmor, e influyendo la inclinación del campo geomagnético a la hora de obtener la componente perpendicular del campo electromagnético generado con respecto B_0.

En la figura 6 se aprecian los valores máximos de amplitud que se pueden obtener en distintas latitudes. De esta figura se desprende la conclusión que la inclinación de B_0 sólo influye cuando el acuífero se encuentra a una profundidad menor de 25 m, ya que a partir del punto que aparece en la figura, las curvas tienden a solaparse y por tanto a proporcionar la misma solución.

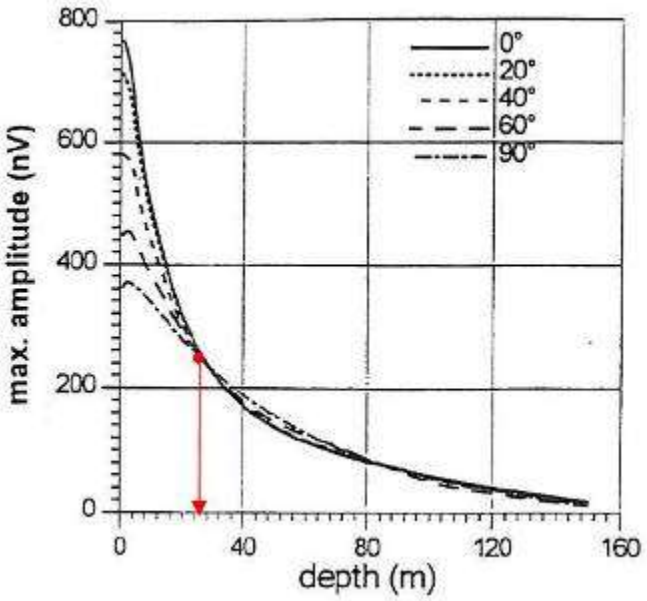


Figura 6: Amplitudes máximas para distintas latitudes

La amplitud máxima registrada en cada pulso es sensible a la inclinación del campo geomagnético solamente cuando la capa saturada de agua se encuentra a una profundidad menor a 20-25 m.

Se presentan dos casos extremos:

- En los polos: $B_0 = 60000$ nT $\alpha = 90$ º.
- En el ecuador: $B_0 = 30000$ nT $\alpha = 0$ º.

Entre ambos casos la señal proveniente de una capa saturada de agua puede variar entre 2 y 4 veces (figura 7), dependiendo de la profundidad de la capa saturada

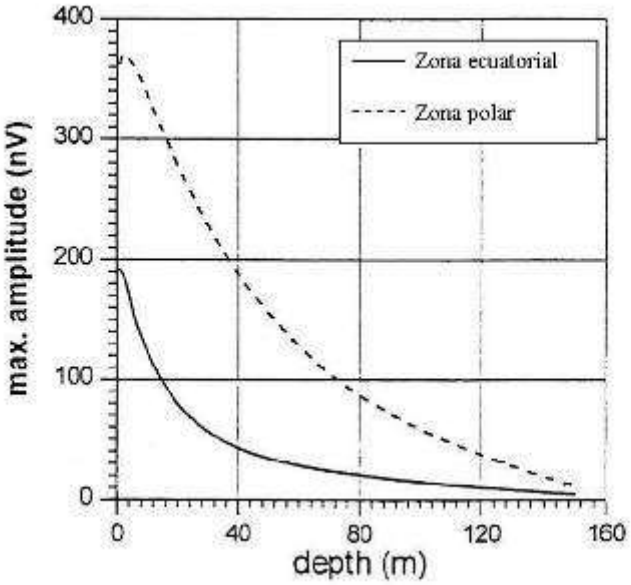


Figura 7: Variaciones extremas de la señal en la zona ecuatorial y polar

4.5.5 Desfase entre f_L y f_{PULSO}

En presencia de acuíferos someros cuando el campo de excitación es mayor que el campo geomagnético, el agua del acuífero puede generar una señal comparable en amplitud con la señal que generaría un acuífero profundo. Este problema también se presenta como se ha dicho antes, cuando en la zona hay un gradiente de campo geomagnético.

4.5.6 Tamaño de la antena

Puesto que la amplitud máxima de la señal registrada es proporcional a la cantidad de agua en un determinado volumen, al aumentar el tamaño de la antena se aumenta esta cantidad de agua y por tanto la amplitud máxima de la señal, pero también se incrementa la cantidad de ruido en la medida. Con una determinada antena, aumentando la intensidad de corriente circulando por ella (con τ constante) se registra la señal correspondiente a distintas profundidades.

Se considera que una antena es capaz de excitar los protones de hidrógeno en un área alrededor de la antena de entre 1 y 1,5 veces el diámetro de dicha antena. La profundidad máxima de investigación con una determinada antena se considera menos de dos veces el diámetro de la misma, pero a efectos prácticos se considera igual al diámetro. Para la profundidad máxima también hay que tener en cuenta el efecto anterior de la profundidad de skin y la proporcionalidad entre la señal eléctrica registrada y el campo geomagnético.

4.5.7 Ruido electromagnético externo

Las líneas de tendido eléctrico, tuberías, industrias o viviendas cercanas,…generan campos electromagnéticos que influyen en las medidas de SRM en forma de ruido, ya que son señales no provenientes de la respuesta de los protones de hidrógeno pero que no obstante se registran.

Existen distintas estrategias para paliar los efectos de los ruidos electromagnéticos, tales como la orientación de la antena, apilamiento de la señal, utilización de filtros,…

4.6 Inversión de datos de SRM

En Geofísica se denomina inversión al tratamiento de los datos geofísicos provenientes de la respuesta física del subsuelo para la obtención de un modelo coherente del subsuelo. A partir de dicho modelo se podrá llevar a cabo una estimación de las medidas teóricas que generaría dicho modelo para confrontarlas después con los datos reales con el fin de crear un proceso iterativo para conseguir el mayor grado de exactitud posible teniendo en cuenta el contexto de las medidas.

En los SRM la inversión de los datos se realiza de forma estándar utilizando el método de regularización de Tikhonov (aplicada a la relación matricial $A.w = e_o$):

$$M_\eta(w) = \left\| A.W_\eta - e_0 \right\|_{L_2} + \eta.\left\| W_\eta \right\|_{L_2}$$

Donde:

- A es una matriz que caracteriza al subespacio finito compuesto por j capas sobre el que se realiza la inversión, presentando información de la función núcleo k(q) para los distintos valores de j.
- e_0 es un vector con los datos experimentales
- W_η es el vector solución que minimiza M_η
- η es el factor de regularización que hace que W_η minimice M_η
- w es la cantidad de agua en cada una de las j capas la solución que se quiere hallar: distribución de la cantidad de agua en el subsuelo en función de la profundidad z.

La resolución de la minimización se realiza aplicando el principio de discrepancia de Morozov (1966) este principio tiene en cuenta que para datos con error el error residual caracterizado en la ecuación anterior por $\left\| A.W_\eta - e_0 \right\|_{L_2}$ debe ser menor o igual al error experimental ε :

$$\left\| A.W_\eta - e_0 \right\|_{L_2} \leq \varepsilon$$

Si se obtiene una solución con un error residual menor al experimental y con una $\left\| W_\eta \right\|_{L_2}$ pequeña, W_η será entonces una aproximación a la solución w.

4.7 Resolución del método

Por lo anterior se establece que el subsuelo queda dividido en tantas capas como pulsos se hayan utilizado en la realización del SRM, en general hasta una profundidad máxima igual a las dimensiones de la antena utilizada, aunque esta profundidad máxima puede verse mermada por variaciones en el campo geomagnético en el área de la antena, presencia de capas conductoras en el subsuelo,… No obstante, las distribuciones en potencia de estas capas no son iguales, tal y como se indica en la figura 8 en la que se muestra la resolución obtenida en la inversión de un SRM en función de la antena y el número de pulsos, disminuyendo con la profundidad, lo que implica un aumento en la incertidumbre de los límites de las capas conforme aumenta la profundidad.

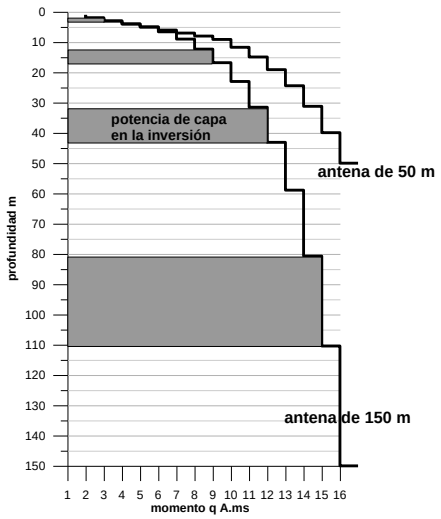


Figura 8 Resolución obtenida en la inversión de un SRM

4.8 Estimación de la calidad de los datos

De forma práctica se pueden utilizar los siguientes parámetros para tener una estimación de la calidad de los datos obtenidos:

- Teniendo en cuenta el ratio entre el ruido externo (EN) y el interno (IN) tras realiza el stacking y el filtrado:

  EN/IN≤1 Puede considerarse de buena calidad.
  EN/IN>1 La calidad de los datos no es suficientemente buena, siendo recomendable rehacer el SRM.

- Teniendo en cuenta el ratio señal/ruido (S/N):

  S/N>2 Aceptable, se puede realizar una interpretación cuantitativa a partir de esos datos.
  S/N≈1 Entonces deberemos fijarnos en el valor de EN/IN. Si EN/IN>1 se podrán utilizar los datos para la realización de interpretaciones cualitativas; en caso contrario posiblemente indique la no presencia de agua.

5 Trabajos del IGME sobre el Método de SRM

5.1 Zona de Arcos de la Frontera

En este informe ("Informe sobre el ensayo del equipo NUMIS (RMN) realizado en Arcos de la Frontera en Mayo de 1998") se recoge la primera toma de contacto del IGME con la instrumentación y temática de los sondeos de resonancia magnética, realizando SRM en cuatro emplazamientos en la zona del acuífero de los Sotillos (Cádiz) próximos a sondeos mecánicos con columna geológica conocida, utilizando la instrumentación NUMIS de la empresa IRIS Instruments. Su objetivo era un acercamiento al método y a la instrumentación, y por tanto comprobar su funcionamiento in situ para tener una idea del potencial del método.

Respecto a la ejecución de los SRM, fue necesaria la realización de diversas pruebas con diferentes tipos de antena llegando a utilizar diseños como el de ocho cuadrado, que no estaban previstos ni en la campaña ni en la logística ordinaria del sistema, teniendo además en cuenta la orientación de la antena respecto a las fuentes de ruido electromagnético. En cuanto a los resultados de campo, fueron positivos mostrando la existencia de agua y permitiendo concluir que el método de SRM puede ser de gran utilidad, si se usa de forma conjunta con otros métodos geofísicos, para valorar la presencia de agua y su cantidad. Por último en el informe se concluye que es necesario seguir realizando trabajos con este método ya que es una herramienta potencialmente importante y es necesario su desarrollo en temas logísticos e interpretativos.

5.2 Zona de Castellón

Este informe ("Investigación hidrogeológica con Sondeos de Resonancia Magnética: Aplicación a la caracterización de acuíferos detríticos") recoge los trabajos realizados durante Noviembre de 2001 por el Área de Geofísica del IGME utilizando el método de SRM en la zona costera de La Plana de Castellón. El objetivo de este estudio era verificar los niveles saturados existentes en estos acuíferos detríticos, así como obtener información de las productividades relativas de cada nivel y de su continuidad lateral, además se realizó una comparación entre resultados variando parámetros utilizados en la inversión de los datos de campo.

El estudio se planificó en colaboración con el gabinete de Geología de la Diputación de Castellón, que facilitó información de los sondeos mecánicos e información hidrogeológica. La selección de los emplazamientos finales fue realizada conjuntamente por los técnicos de la Diputación, el propio equipo del IGME e hidrogeólogos de la empresa FACSA.

Se midieron un total de siete SRM seleccionados por su proximidad a sondeos mecánicos, bajo nivel de ruido de fondo y existencia de sitio para la extensión del cableado, formando un perfil dirección N-S de unos cinco kilómetros de longitud, en el término municipal de Burriana en la zona comprendida entre la carretera CV 1872 y la costa. Para la realización se contó con el apoyo de la Policía Rural que fue puesta a disposición del equipo por la Concejalía de Agricultura. La instrumentación que se utilizó fue el equipo NUMIS Plus de Iris Instruments en régimen de alquiler, el cual fue operado por técnicos del IGME tras una formación llevada a cabo por técnicos de Iris.

Durante la realización de los trabajos se contó con la visita de 18 especialistas en geofísica e hidrogeología de las Universidades de Castellón y Valencia.

Respecto a las medidas, a pesar de realizarse en una zona altamente industrializada el ruido no fue excesivamente grande en general, manteniéndose relativamente constante, por lo que al realizar un gran número de stacking de la señal y gracias a la fuerte señal proveniente del agua, se pudieron conseguir valores de señal/ruido entre 3 y 17, lo que resulta muy aceptable.

En este estudio se identificó el nivel piezométrico a lo largo de todo el perfil, con espesores variables y con porosidades variables, obteniendo valores de transmisividad y permeabilidad para el acuífero. Además se realizó un estudio comparativo de inversiones variando parámetros en la inversión, llegando a la conclusión que los parámetros geoeléctricos que se utilizan para la matriz de coeficientes y el parámetro de regularización que se introduce en la inversión no producen un gran efecto a la hora de localizar la presencia de agua y su localización, pero si influyen en la interpretación cuantitativa a la hora de obtener porcentajes de agua y los tiempos de decaimiento.

5.3 Zona del Ebro

En este informe ("Investigación de parámetros hidrodinámicos y geométricos en acuíferos aluviales de la Cuenca del Ebro mediante sondeos de resonancia magnética") se recoge el estudio realizado por el IGME y la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) en la Cuenca del Ebro, concretamente en los valles de los ríos Jiloca, Oja, Gállego, Jalón y Ebro. El objetivo de la campaña era determinar la aplicabilidad de los SRM para evaluar parámetros hidrodinámicos de acuíferos aluviales, para alcanzar este objetivo se llevaron a cabo un total de 32 SRM realizados con el equipo NUMIS Plus. Los resultados fueron buenos, teniendo dos tercios de los SRM realizados una calidad buena o regular a pesar de la poca existencia de agua en la zona, lo que provoca amplitudes menores, y de altos niveles de ruido electromagnético. Así mismo, la geometría del acuífero obtenida con los SRM fue buena coincidiendo con la disponible en los sondeos mecánicos. Finalmente se realizó una calibración de los datos obtenidos en los SRM en la zona para permitir los cálculos de transmisividad en las zonas donde no existan ensayos de bombeo. Finalmente se concluye en la necesidad de confirmar los valores del coeficiente de calibración obtenido con nuevas experiencias, en utilizar información a priori para mejorar las inversiones y en la necesidad de tener en cuenta los desfases producidos por capas conductoras que provocan la aparición de falsos acuíferos en tramos impermeables a mayor profundidad.

5.4 Zona del Ebro con instrumentación HYDROSCOPE

Para este informe ("Análisis de los Sondeos de Resonancia Magnética efectuados con el equipo HYDROSCOPE") Aprovechando los emplazamientos con mejor calidad de la campaña que se llevó a cabo en la Cuenca del Ebro (informe "Investigación de parámetros hidrodinámicos y geométricos en acuíferos aluviales de la Cuenca del Ebro mediante Sondeos de Resonancia Magnética")se ejecutaron una serie de SRM en las mismas localizaciones pero utilizando la instrumentación HYDROSCOPE, contratándolo por medio de una empresa, para "recoger y analizar los resultados de las mediciones de SRM llevados a cabo con el equipo HYDROSCOPE" especialmente comparando lo obtenido utilizando el equipo NUMIS y el HYDROSCOPE.

Los trabajos fueron dirigidos por personal del IGME, pero la utilización de la instrumentación fue llevada a cabo por personal de la empresa contratada: dos técnicos rusos y asistencia de una tercera persona de la empresa que actúo como intérprete ruso-español. A causa de estas diferencias lingüísticas y culturales los técnicos del IGME no pudieron conocer completamente el funcionamiento del equipo HYDROSCOPE, y menos aun a la posibilidad de realizar ellos mismos las interpretaciones.

Se llegó a la conclusión que ambos equipos aportaban información semejante con litologías homogéneas, variando los valores de porosidad que se mostraron superiores para la instrumentación HYDROSCOPE y los de permeabilidad inferiores para el mismo equipo. También se plantean diferencias a la hora de realizar las inversiones entre un equipo y otro, pero no es posible una comparación rigurosa entre las soluciones.

De forma global se concluyó en la fiabilidad de los datos de campo, en que existe un campo de mejora en el ratio señal/ruido en cuanto el procesado de los datos, por lo que hace necesario registrar las curvas E_0, lo cual HYDROSCOPE sólo lo hace si se conecta un ordenador y se utiliza un software que no es del propio equipo. También se expone la idea de la existencia de la posibilidad de utilizar los rangos de variación de la inversión de los datos como una etapa inicial de investigación de un acuífero. Por último se añade la necesidad de analizar la utilización de información a priori para realizar la inversión y reducir así el número de variables del problema.

5.5 Zona de Doñana

Este informe ("Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-marismas (Doñana, Huelva") de 2007 que abarca los trabajos realizados en el acuífero Almonte-Marismas al sur de la zona de protección del arroyo de la Rocina, cuyo objetivo era evaluar la viabilidad del método de sondeos de resonancia magnética para la determinación de la porosidad, permeabilidad y potencia de la zona de estudio.

En esta zona, teniendo en cuenta las características hidrogeológicas, existen dos formaciones acuíferas objeto de este estudio: la formación superior de carácter aluvial y formada por arenas muy finas con potencia entre los 35 m y los 70 m, la formación acuífera inferior, que es una formación deltaica que presenta niveles variables de arenas, areniscas y arcillas. Los trabajos efectuados se dividieron en dos perfiles, perfil P1 con dirección N-S y perfil P-2 al Este, y en una pequeña malla M1

El perfil P1 consta de 15 SRM que presentan una buena calidad obteniendo una buena definición del acuífero aluvial superior con una media de cantidad de agua del 11 % y presentando una potencia mayor en dirección Sur. La separación entre la primera y la segunda formación acuífera viene representada en los SRM por una zona con baja permeabilidad y poca cantidad de agua. Por último se identifica también el techo de la formación deltaica, no pudiéndose definir la posición del muro, puesto que el método en profundidad pierde resolución; no obstante los SRM de la zona más al Norte pueden tener información de la totalidad del acuífero deltaico.

La zona M1 consta de 11 SRM, las conclusiones y características a las que se llega son idénticas a las del apartado anterior.

Y por último el perfil P2 consta de 7 SRM, aunque en un principio se planificaron más, pero en la zona se presentaban mayores niveles de ruido que impidieron su medida. Esto generó que todos los SRM tuviesen que ser medidos con antenas en forma de ocho para reducir el ruido, lo que provoca una menor profundidad de investigación. A pesar de todo, para el acuífero aluvial las características son similares no pudiéndose definir tampoco la geometría del acuífero deltaico.

Debido a la gran cantidad de sondeos mecánicos en la zona y a los ensayos de bombeo realizados durante la campaña de la FAO entre los años 1973-1974, se pudo obtener un coeficiente de calibración para el conjunto de los dos acuíferos para poder obtener los valores de permeabilidad y transmisividad a partir de los datos de cualquier SRM medido en esta zona, sin necesidad de realizar nuevos sondeos mecánicos ni ensayos de bombeo, reduciendo así los costes y el impacto ambiental que éstos suponen. Además, se pudieron realizar mapas de isotransmisividades con el fin de identificar la morfología del acuífero aluvial. Por todo lo anterior, este proyecto cumplió los objetivos que tenía.

5.6 Zona de Salamanca y Murcia

El objetivo de este estudio ("Uso de MRS para la obtención de parámetros hidráulicos y su implementación en la modelización de aguas subterráneas: Aplicación en el acuífero superficial de los Arenales (Cuenca del Duero) y en el aluvial de la Vega Media (Cuenca del Segura)") era obtener parámetros hidráulicos de un modo eficiente, fiable y económico, con el objeto de utilizarlos como entradas en modelos hidrogeológicos con los que poder estudiar la recarga y la evolución del acuífero.

Se llevó a cabo la elección de los emplazamientos para la realización de los SRM en la zona del Duero teniendo en cuenta los futuros emplazamientos de unos piezómetros que la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD) estaba realizando para poder utilizar los datos de estos piezómetros como ayuda en la calibración a partir de los datos de SRM. Tras una campaña específica de mediciones de las localizaciones con GPS, mediciones del campo magnético terrestre y el ruido electromagnético, fue necesario rediseñar la distribución de los puntos seleccionados reubicándolos debido a la imposibilidad de realizar los SRM en esos puntos. Al final se utilizaron cuatro de los puntos donde la CHD realizaría los piezómetros y siete puntos dentro del mismo acuífero que se encuentran dentro de las cuencas experimentales de la Universidad de Salamanca, se realizaron además SEV en las zonas de estudio.

Respecto los puntos en la Vega Media del Segura la elección de los puntos fue apoyada por personal de técnico de la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Segura, seleccionando uno puntos que a priori podrían ser aptos para la medición, se realizó una campaña para georrefenciar los puntos con GPS, medir el campo geomagnético terrestre y ruido electromagnético. Finalmente realizaron los trabajos en una zona canalizada cerca de Murcia, pero debido a la baja relación señal/ruido se realizaron más SRM en una zona más alejada de la inicial debido a los niveles de ruido.

Como conclusiones decir que se detectó la presencia de agua y la profundidad del nivel freático, el cual fue comprobado con mediciones en puntos de agua cercanos a los SRM los cuales fueron de suficiente calidad. Indica también que no han podido detectar la base impermeable del acuífero con la profundidad máxima de investigación utilizada

(60 m) por lo que puede indicar una variación respecto lo que se conocía en el acuífero de Los Arenales, así mismo indican la presencia de un nivel superficial de arcillas que podría influir en la recarga del acuífero. Por último hace referencia al cálculo de permeabilidad y transmisividad con el método expuesto en otros informes, obteniendo resultados satisfactorios, y a la posibilidad de utilizar estos datos para modelizar o extrapolar datos hidrogeológicos en la zona mejorando así el control y la gestión del acuífero.

5.7 Zona de las Lagunas de Estaña

El objetivo de este informe ("Interpretación integrada de SRM, perfiles eléctricos y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)") era proporcionar la información necesaria para desarrollar un modelo hidrogeológico de la zona de las lagunas de Estaña. En esta campaña se utilizan los perfiles eléctricos y los SRM realizados en la campaña de 2008, y perfiles eléctricos adicionales y la testificación de cinco sondeos efectuados en el 2009, utilizándose de forma conjunta los perfiles eléctricos y los SRM, y la testificación y testigos de los sondeos como controles.

La metodología seguida en este proyecto fue la siguiente:

- Preparación de los datos geoeléctricos.
- Deducir los rangos de resistividad de las litologías de la zona, diferenciando además los valores de resistividad cuando presentan contenido en agua.
- Interpretación de las secciones geoeléctricas.
- Analizar la situación de los SRM para comprobar la validez del modelo de 1D y la geometría del acuífero a lo largo de las secciones.
- Proponer un modelo hidrogeológico del acuífero.

La conclusión final fue que la cantidad de agua y su superficialidad aumentan hacia las lagunas además, el agua contenida en el acuífero está englobada en calizas fracturadas del Muschelkalk sin presentar evidencias de cavidades kársticas, mientras, el Keuper funciona como un acuitardo.

6 Diferencias entre las inversiones de SAMOVAR 6 y SAMOVAR 11

La diferencia principal entre ambas versiones (figura 9) se encuentra en la posibilidad de hacer inversiones que utilicen no sólo a la amplitud para optimizar la inversión, V6 y V11A, sino la posibilidad de utilizar las componentes complejas de la amplitud, inversión compleja de amplitud V11CA, y la posibilidad de utilizar las componentes complejas de la amplitud conjuntamente con los valores de fase que presenta el SRM, inversión compleja de amplitud y fase V11CAF.

A parte de esta característica es posible en la versión 11 escoger el esquema que se desee para hacer la inversión, “smooth” o “blok”; así mismo se puede escoger una frecuencia para filtrarla sin necesidad que se encuentre en un armónico de la frecuencia de la línea de tendido eléctrico, pudiendo por tanto reducir el ruido y mejorar la calidad del SRM.

Además la versión SAMOVAR 11 presenta la posibilidad de ver un gráfico de los espectros de frecuencia de la señal después del procesado, teniendo esta información en ficheros legibles con el bloc de notas, y la posibilidad de ver en un gráfico tanto la fase de FID 1 como la fase de FID 2, además del ajuste que realiza la inversión para la fase.

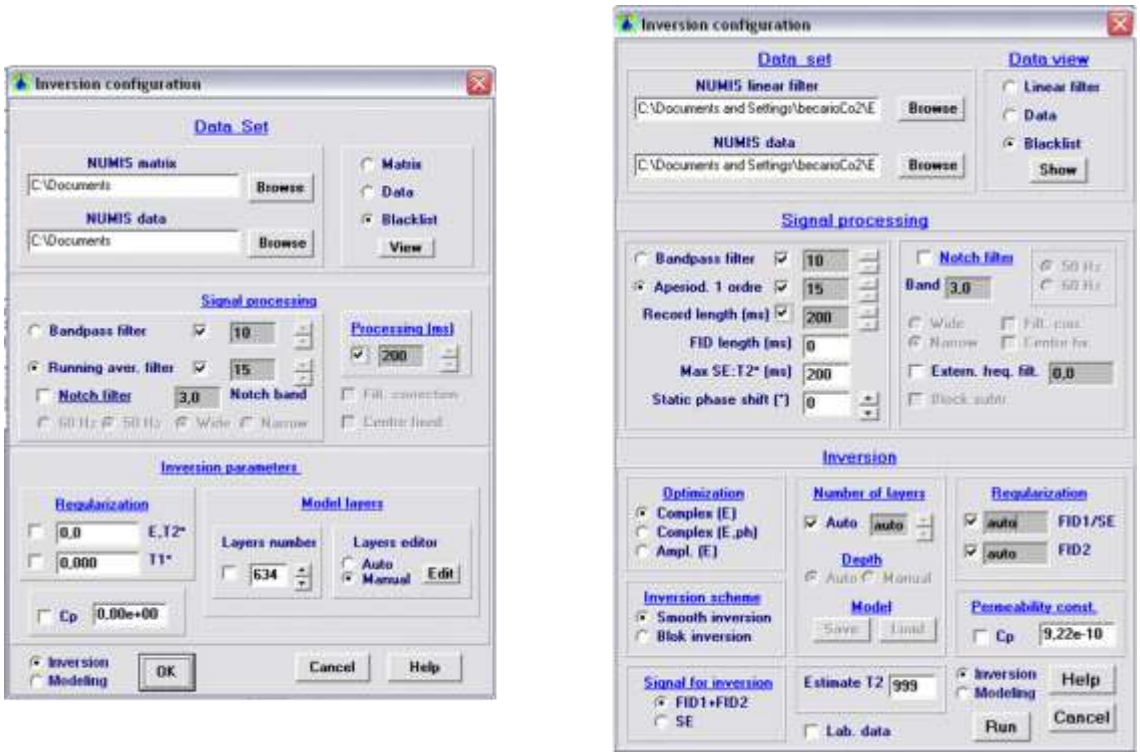


Figura 9: Pantallas de inversión de V6 y V11

7 Metodología

7.1 Metodología de la realización de las fichas

Se siguieron las siguientes etapas:

1.- Reunión en la que se marcaron, por parte de las personas participantes en el proyecto, los elementos que debían aparecer en las fichas para tener la mejor relación posible entre información y cantidad.

2.- Creación de un modelo inicial de ficha.

3.- Reunión para discutir el modelo de ficha y proponer mejoras en el mismo si fuese necesario.

4.-Revisión del modelo de ficha y realización de las mejoras propuestas.

5.-Puesta en común una vez finalizados los cambios en el modelo.

6.- Realización de las fichas.

7.- Puesta en común de las fichas finalizadas

7.2 Metodología del reprocesado de los SRM

7.2.1 Comparativa entre opciones de inversión de SAMOVAR 11

Como paso previo a la realización del reprocesamiento de los SRM objetos de este trabajo se pensó en la necesidad de conocer el funcionamiento o por lo menos los efectos de los distintos parámetros de la inversión para SAMOVAR 11. Para ello seleccionamos un SRM proveniente del informe "Investigación de parámetros hidrodinámicos y geométricos en acuíferos aluviales de la Cuenca del Ebro mediante sondeos de resonancia magnética", concretamente el SRM 8060, por presentar un posible acuífero que podría ser efecto de la inversión.

Las inversiones realizadas fueron las que aparecen en la tabla 3 en las que aparecen los parámetros principales introducidos en cada inversión haciendo referencia a como aparecen en la pantalla de inversión del programa SAMOVAR 1D INVERSION; para los parámetros que no aparecen en la tabla se utilizó la opción automática que aparece por defecto en el programa y en caso de opciones seleccionables no se eligieron por creer que las que se emplearon son las más importantes y usadas al realizar inversiones.

Para realizar la comparativa se observó la relación señal/ruido, en la relación ruido externo/ruido interno y los valores de error, además de la creación de los gráficos de ajuste de las inversiones con los datos, las fases, la cantidad de agua con respecto la profundidad, y los valores de T1 y T2* respecto la profundidad, con inversiones que tuviesen el mismo filtrado. Con esto se piensa obtener una adecuada cobertura de los principales parámetros de la inversión.

Tabla 3 Inversiones realizadas para el SRM 8060

Inversión	**Optimización**	**Filtrado**	**Esquema de inversión**
1	Compleja amplitud	-	Smooth
2	Compleja amplitud	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz	Smooth
3	Compleja amplitud	External freq. Filt. 1920 Hz	Smooth
4	Compleja amplitud	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz centre fixed	Smooth
5	Compleja amplitud	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz filt.corr.	Smooth
6	Compleja amplitud y fase	-	Smooth
7	Compleja amplitud y fase	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz	Smooth
8	Compleja amplitud y fase	External freq. Filt. 1920 Hz	Smooth
9	Compleja amplitud y fase	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz centre fixed	Smooth
10	Compleja amplitud y fase	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz filt.corr.	Smooth
11	Amplitud	-	Smooth
12	Amplitud	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz	Smooth
13	Amplitud	External freq. Filt. 1920 Hz	Smooth
14	Amplitud	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz centre fixed	Smooth
15	Amplitud	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz filt.corr.	Smooth
1b	Compleja amplitud	-	Blok
2b	Compleja amplitud	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz	Blok
3b	Compleja amplitud	External freq. Filt. 1920 Hz	Blok
4b	Compleja amplitud	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz centre fixed	Blok
5b	Compleja amplitud	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz filt.corr.	Blok
6b	Compleja amplitud y fase	-	Blok
7b	Compleja amplitud y fase	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz	Blok
8b	Compleja amplitud y fase	External freq. Filt. 1920 Hz	Blok
9b	Compleja amplitud y fase	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz centre fixed	Blok
10b	Compleja amplitud y fase	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz filt.corr.	Blok
11b	Amplitud	-	Blok
12b	Amplitud	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz	Blok
13b	Amplitud	External freq. Filt. 1920 Hz	Blok
14b	Amplitud	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz centre fixed	Blok
15b	Amplitud	Notch wide 50 Hz banda=3 Hz filt.corr.	Blok

7.2.2 Reinversiones para los SRM de Doñana y Estaña

Se llevó a cabo un reprocesamiento de los informes objeto de este proyecto utilizando las mismas opciones de filtrado que en las inversiones que aparecen en estos informes, pero realizándolas con las tres opciones de optimización disponibles en el SAMOVAR 1D INVERSION: inversión de amplitud, V11CA e V11CAy fase. En caso de SRM con interpretación realizada a priori se crearon modelos con el programa SAMOVAR MODELING introduciendo únicamente los límites geométricos de las capas que aparecen en las inversiones originales de los informes. La comparativa se realizó como en el caso anterior atendiendo a la relación señal/ruido, la relación ruido externo/ruido interno, los valores de error y los factores de suavizado de cada inversión, y la creación de gráficos de ajuste de las inversiones con los datos, las fases, la cantidad de agua con respecto la profundidad, y los valores de T1 y T2* respecto la profundidad.

7.2.3 Realización de comentarios y conclusiones

Una vez finalizadas las inversiones se procedió a la realización de los gráficos tal y como se ha expuesto antes. Una vez finalizada la creación de dichos gráficos se llevó a cabo el comentario de los datos generados primero de forma individual para cada SRM y al final la redacción de unas conclusiones obtenidas a partir de este estudio

7.2.4 Explicación de la leyenda utilizada

La leyenda utilizada en los gráficos donde se muestran los resultados de las inversiones realizadas con SAMOVAR 11 y con SAMOVAR 6, figura 10 presenta dos partes:

Una superior que debe ser utilizada para el gráfico de fase donde aparecen de color negro y azul celeste la “fase FID1” y la “fase FID2” siendo las curvas correspondientes a las fases de los dos pulsos (si se han utilizado dos para la realización del SRM). Con un grosor menor y con colores rojo, azul y verde aparecen las fases de las inversiones V11A, V11CA y V11CAF respectivamente.

En la parte inferior, la cual se debe utilizar para el resto de los gráficos, aparecen como línea continua de color negro, rojo, azul y verde las curvas correspondientes a FID 1 de las inversiones V6, V11A, V11CA y V11CAF respectivamente. Estas líneas continuas son las que se deben de utilizar para los gráficos de cantidad de agua, T1 y T2*. Las líneas discontinuas siguen el mismo esquema que las continuas. Los puntos que aparecen siguen el mismo esquema de color seguido por las líneas continuas y discontinuas indicando los puntos dato del SRM para FID 2 sobre los que se realiza la inversión, a excepción del punto amarillo que indica los puntos dato del SRM para FID 1

Figura 1: Leyenda utilizada en el reprocesamiento

8 Realización del modelo de ficha

8.1 Establecimiento de los elementos de las fichas

Se llegó a la conclusión que la ficha debería de mostrar los siguientes parámetros:

a. Identificación del SRM:
   i. Nombre del SRM.
   ii. Informe en el que aparece.
   iii. Autores del informe.
   iv. Proyecto en el que se enmarca.
   v. Fecha del informe.
   vi. Número de registro en el centro de documentación del IGME.

b. Localización:
   i. Comunidad autónoma, provincia y hoja MTN50.
   ii. Coordenadas del SRM.
   iii. Croquis topográfico.
   iv. Croquis geológico.

c. Parámetros de adquisición:
   i. Equipo.
   ii. Antena.
   iii. Tamaño de la antena.
   iv. Número de vueltas de la antena.
   v. Frecuencia.
   vi. Inclinación del campo geomagnético.
   vii. Valor del campo geomagnético.
   viii. Fecha.
   ix. Número de pulsos.
   x. Stacking o apilamiento de la señal.
   xi. Número de convertidores.
   xii. Software empleado.

d. Interpretación:
   i. Matriz utilizada y su modelo geoeléctrico.
   ii. Inversión.
   iii. Características de la inversión.

e. Localización de la documentación digital.

f. Información hidrogeológica de los puntos de agua disponibles que se hayan utilizado en el informe:
    i. Coordenadas.
    ii. Profundidad.
    iii. Caudal.
    iv. Transmisividad.
    v. Nivel piezométrico.
    vi. Columna geológica.

Tras este paso se realizó un modelo de ficha que fue retocado hasta su versión final.

8.2 Creación del modelo de ficha, revisiones y mejoras

El modelo de ficha creado parte de la observación de las fichas empleadas por otros organismos públicos (Confederación Hidrográfica del Tajo, Instituto Geográfico Nacional,…) realizándose la maquetación del modelo de ficha utilizando el programa Publisher del paquete Microsoft Office. Se seleccionó este programa por ser de fácil utilización de y gran versatilidad a la hora de realizar composiciones para publicaciones, además de la posibilidad que presenta de exportar el resultado de forma directa a formato .pdf.

Tras la realización el modelo se puso al alcance del personal participante que propuso mejoras que fueron incorporadas al modelo de ficha. Cuando se dio por cerrado el modelo se inició la realización de las fichas

9 Creación de las fichas de los SRM de Doñana y Estaña

9.1 Realización de las fichas

Aunque sólo se han realizado las fichas para los SRM correspondientes a dos los informes de:

"Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana, Huelva)"

"Interpretación integrada de SRM, perfiles eléctricos y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)"

Se van a exponer los pasos generales para la realización de las fichas según el modelo propuesto, algunos pasos ya han sido realizados para todos los informes existentes hasta ahora, por lo que se mostrará la información de lo realizado en cada caso.

9.1.1 Lectura de cada informe

Como primer paso se realizó la lectura de cada uno de los siete informes, que se encuentran localizados en la sala de documentación del IGME en disposición del personal.

9.1.2 Recopilación de la información existente

9.1.2.1 Acerca del estudio en Arcos de la Frontera

Este informe es la primera toma de contacto del IGME con el Método de SRM. La información de los datos de campo de este informe está presente en un cd archivado en la sala de documentación del IGME en Tres Cantos. En los datos de campo no figura la matriz que se utiliza para realizar la inversión ya que los datos fueron procesados en la central de la empresa propietaria del aparato y dicha empresa después devolvió los documentos con las inversiones que realizaron. La solución encontrada para este problema fue la creación de una nueva matriz, para su realización fue necesaria la utilización de un modelo geoeléctrico de la zona, el cual se generó a partir de un SEV (Sondeo Eléctrico Vertical) que se realizó en la zona y cuya información se obtuvo a partir de la plataforma SIGEOF del propio IGME.

El segundo y último problema tuvo que ver con los archivos generados en la medición en campo, se intentó realizar inversiones utilizando los archivos de datos que existían y la matriz que se había generado, pero no fue posible, por lo que se llegó a la conclusión que debería existir algún problema de compatibilidad entre formatos puesto que estos datos de campo se registraron con una versión primitiva del software en MS-DOS. Tras comprobar todos los archivos de los datos de campo, se verificó que los archivos problemáticos eran los referentes a cada pulso, con lo que fue obligatorio tratarlos, dicho tratamiento consistió en variar la separación de los números decimales la cual en la versión antigua se hacía con comas cambiándola por un punto. Esta solución tan sencilla fue temporalmente de cierta lentitud ya que requería la apertura, edición con el programa "Bloc de notas" y grabado de cada uno de dichos archivos, lo que suponía una media de unos dieciséis archivos a editar por cada SRM.

Para la realización de las fichas de los SRM presentes en este informe sería necesario el escaneo o digitalización de los resultados de la inversión que están presentes en el propio informe.

9.1.2.2 Acerca del estudio en la zona de Castellón

En este informe, a pesar que los datos de campo habían sido generados también por una versión del software para MS-DOS, no fue necesaria la edición de ningún archivo, encontrándose toda la información necesaria (archivos de campo, matrices e inversiones) en un cd en la sala de documentación del IGME en Tres Cantos. Por tanto el trabajo con este informe consistió en la localización de los registros definitivos, ya que en cada una de las zonas de estudio se realizaron diversos tests, siendo uno de ellos el registro definitivo. Además de localizar los ficheros con los sondeo finales, fue necesario generar un fichero con las coordenadas de cada uno de los SRM medidos y de los sondeos mecánicos que se emplearon en la zona como apoyo en la inversión de los datos. Este fichero se generó utilizando una figura georeferenciada del propio informe (el cual se encontraba en formato digital) digitalizando los puntos de interés, resultando para UTM H30 (ED 50) obteniéndose como resultado la tabla 4

Tabla 4 Coordenadas para la zona de Castellón

	X (UTM H30 ED 50)	Y (UTM H30 ED 50)
Sondeos mecánicos		
Burriana 5	750929,4	4422652,7
Burriana 3	750882,3	4421742,0
Burriana 6	750882,3	4421742,0
PC-5	751243,4	4420085,6
PC-8	751392,6	4418280,0
SRM		
Castellón 1	751306,2	4422103,1
Castellón 2	750960,8	4421090,5
Castellón 3	751196,3	4420690,1
Castellón 4	751384,7	4419952,2
Castellón 5	751643,8	4419284,9
Castellón 6	750945,1	4418586,2
Castellón 7	751055,0	4417353,7

9.1.2.3 Acerca de los estudios realizados en el Ebro

Ambos trabajos fueron realizados en las mismas zonas, variando entre ellos la instrumentación, realizándose con el instrumento HYDROSCOPE una serie de SRM que aparecen en el informe del Ebro, por lo que a la hora de realizar las fichas se debería utilizar la información referente al informe del Ebro ya que además presenta todos los archivos necesarios, no como ocurre con el informe de los trabajos realizados con el equipo HYDROSCOPE.

La extracción de los SRM finales estuvo facilitada por el formato del cd de datos en el que ya aparecen explícitamente en una carpeta todos los SRM y sus inversiones. Pero este informe carece también de registro con las coordenadas de los SRM, por lo que se

tuvo que realizar un archivo de coordenadas a partir de la información geográfica que aparecía dispersa en el informe.

9.1.2.4 Acerca de los estudios realizados en la zona de Doñana

Al igual que en caso anterior los archivos de datos, matrices e inversiones se los SRM realizados se encuentran perfectamente en el cd del informe. El único problema que se tuvo con éste informe fue referente a las coordenadas de los SRM, apareciendo diferentes datos en dos tablas del propio informe, lo que obligó a revisar los estadillos de campo originales que se rellenaron, y así localizar cuál de las tablas era la correcta.

9.1.2.5 Acerca de los estudios realizados en las zonas de Salamanca, Murcia y Estaña

La información en estos dos informes se encontró completa, a excepción de las coordenadas de los SRM de Salamanca, que se encuentran en el informe pero no en formato digital, por lo que se hace necesario dicha digitalización facilitando así su posible futura utilización.

9.1.3 Cumplimentación del modelo de ficha.

9.1.3.1 Encabezamiento

Presente en cada una de las páginas de la ficha, presenta (ver figura 11)
el logotipo del IGME alineado a la izquierda y alineado a la derecha aparece SRM seguido del nombre que tiene, después la página en la que nos encontramos y por último la fecha de realización de la ficha.

Figura 11 Encabezamiento de las fichas de SRM

9.1.3.2 Identificación

Inmediatamente debajo del encabezamiento aparece el cajetín que muestra al usuario la identificación del SRM y dónde se encuentra (figura 12). Toda esta información se obtiene del propio informe, en caso del "Número en el centro de documentación del IGME" si no aparece en el propio informe se debe buscar en la base de datos digital de documentación que posee el IGME.

Banco de Datos de SRM

Identificación

Nombre: 1027
Informe: Investigación de Parámetros Hidrodinámicos y Geométricos en Acuíferos Aluviales de la Cuenca del Ebro Mediante Sondeos de Resonancia Magnética
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio, Antonio Azcón, Víctor Arqued, Teresa Cancellor, Jesús Serrano
Proyecto: Convenio IGME-CHE
Fecha: Diciembre2004
Número en el centro de documentación del IGME: 62797

Figura 12 Identificación del SRM en la ficha

9.1.3.3 Localización

En este apartado nos encontramos con la situación geográfica del SRM, sus coordenadas y sus croquis topográficos y geológicos. Los datos de coordenadas se obtienen del propio informe, a partir de estas coordenadas o a partir del propio informe se puede conocer la Comunidad Autónoma a la que pertenece, la Provincia y el nombre y número de la hoja del MTN50 en que aparece (ver figura 13).

Respecto a los croquis se deben de realizar obteniendo primeramente los mapas topográficos y geológicos de la zona. Esta información se puede obtener desde el portal de descargas del IGN y desde la web del IGME. Después se deben de cargar estas imágenes georeferenciadas en un programa que posibilite su edición y la adicción de elementos, en nuestro caso hemos utilizado Surfer 9.

En cada uno de los mapas se dibuja el SRM con la forma y orientación con que se realizó, dándole unas medidas comparables con la del mapa, en caso de existencia de sondeo mecánico cercano se colocará también y por último se sitúan los nombres del SRM y del sondeo mecánico. Una vez realizada la adicción del SRM en el mapa se procede a exportar la imagen en formato jpg y guardando el documento en el formato propio del programa utilizado, por tanto por cada SRM se generan cuatro ficheros referentes a su localización.

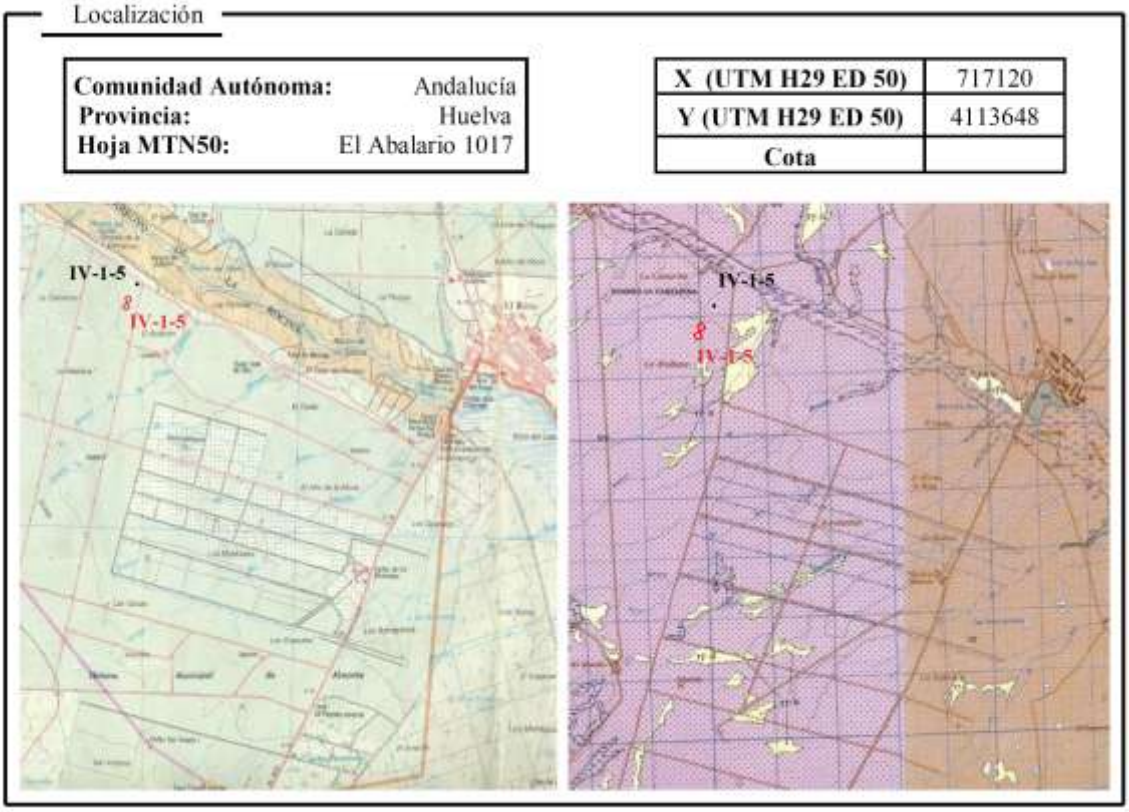


Figura 13: Localización del SRM en la ficha

9.1.3.4 Parámetros de adquisición

En este cajetín se muestra la información que se introdujo en el software para la realización del SRM (figura 14). Esta información aparece en el informe o en los propios archivos del SRM.

Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43055
Antena:	Ocho cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	75	**Stacking:**	48
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	1700
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	19-10-2005		

Observaciones

Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Figura 14: Parámetros del SRM en la ficha

9.1.3.5 Interpretación

En el cajetín de la izquierda se muestra información de la matriz utilizada en la inversión del SRM: nombre de la matriz y corte geoeléctrico. Esta información aparece en los informes o se puede consultar mediante el programa SAMOVAR o SAMOGON.
En el de la derecha aparece la información de la inversión, referente al software que se utilizó y los parámetros introducidos al realizar la inversión (figura 15). Esta información se encuentra con los archivos de la propia inversión o se puede tener acceso cargando el resultado de la inversión con el programa SAMOVAR.

Interpretación

Matriz	75oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-75m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	8.01
Fitting error :	1.86 %
Parameter of regularization :	2752.3
Permeability constant Cpx:	9.92e-10

Figura 15: Matriz del SRM y resultados de la inversión en la ficha

Más abajo en la página 2 de la ficha aparece la imagen de la inversión realizada (figura 16), que contiene los gráficos de señales, amplitud vs.pulso, frecuencia vs. pulso, ruido ambiental vs. pulso, fase vs. pulso,T1 y cantidad de agua vs. profundidad, T1 vs. profundidad, permeabilidad vs. profundidad y transmisividad vs. profundidad.

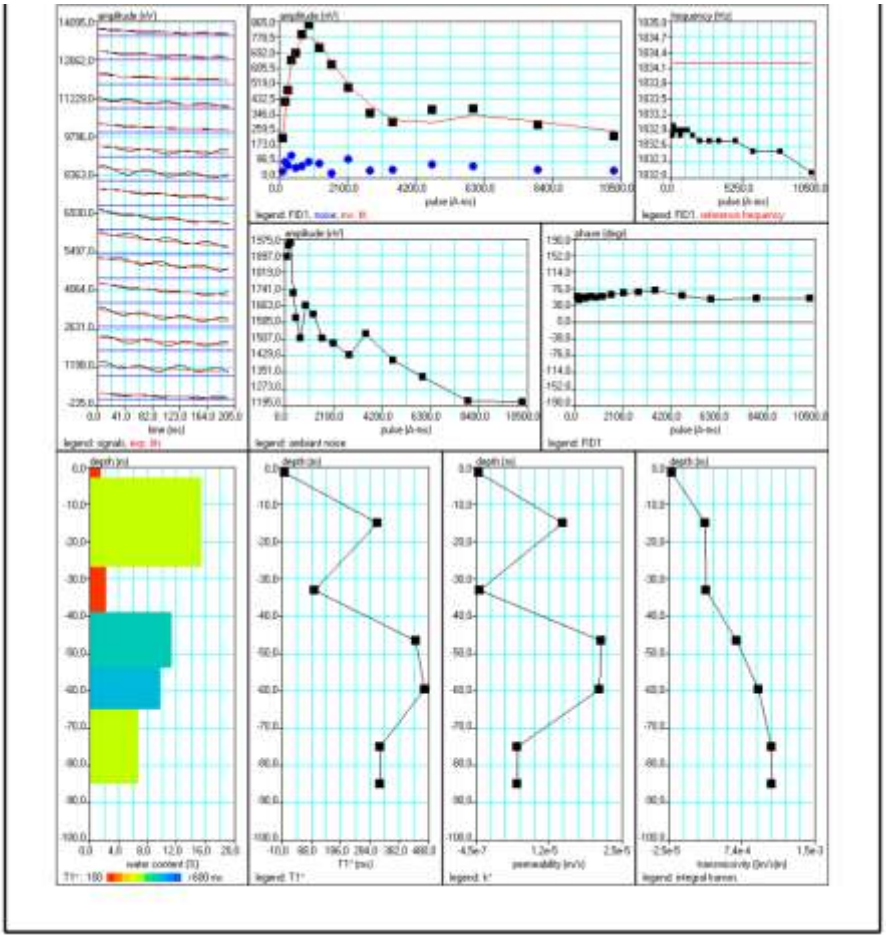


Figura 16: Gráficos de la inversión en la ficha

9.1.3.6 Información hidrogeológica

Inicialmente se expone el nombre del sondeo, seguido por sus coordenadas en UTM H30 ED 50 (figura 17), en el cajetín de la izquierda. A la derecha aparece una tabla con los datos hidrogeológicos que ya se han expuesto antes.

Información hidrogeológica

Sondeo IV-1-5

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	717402
Y (UTM H29 ED 50)	4113917
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	87
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	2,4e-05
Nivel piezométrico (m)	

Figura 17: Información hidrogeológica a partir de sondeos en la ficha

Por último, si se posee la información, aparece la columna del sondeo, figura 18, ya sea en formato tabla, como si fuera una columna o ambas. Más abajo aparece un recuadro de observaciones destinado al uso del usuario.

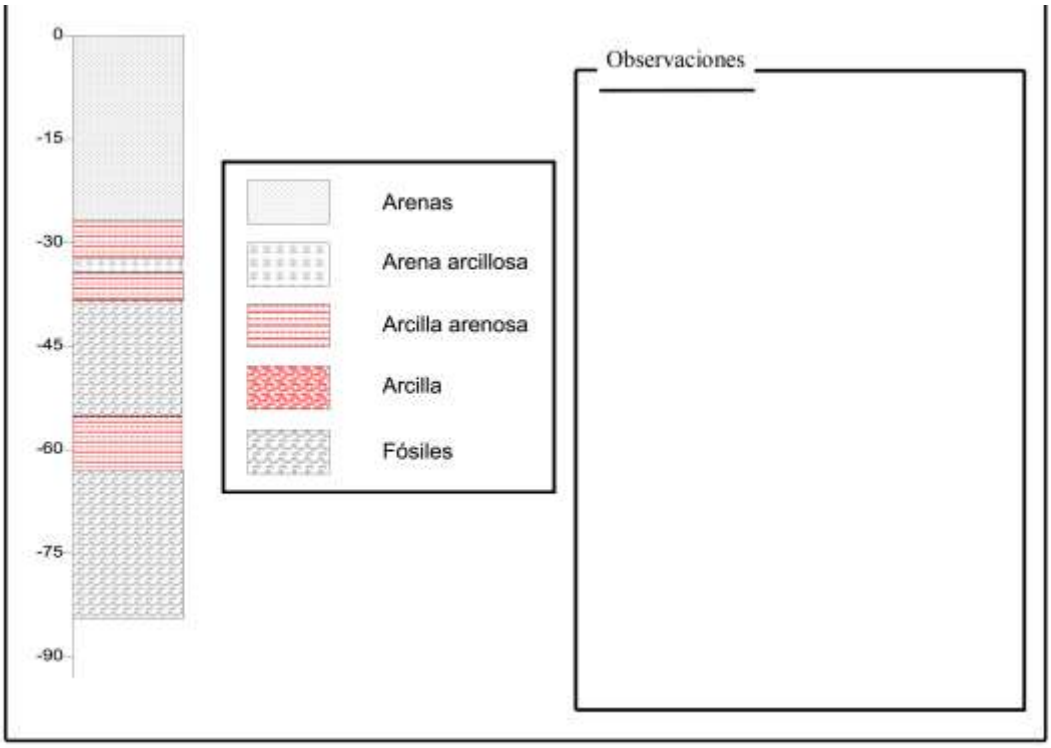


Figura 18: Columna geológica del sondeo

9.1.4 Exportación de las fichas a formato PDF

Tras la realización de las fichas se lleva a cabo su exportación a PDF para facilitar su lectura y su almacenamiento con vistas a facilitar en lo posible su colocación en un servidor para acceder a esta información.

9.1.5 Almacenamiento

Actualmente las fichas se encuentran almacenadas en un ordenador del IGME.

9.1.6 Puesta en común

Pienso que la información recogida en estas fichas puede ser de interés para la población, ya se dedique profesionalmente a las Ciencias de la Tierra, o simplemente como acercamiento de un nuevo método geofísico a la población en general, aumentando así el conocimiento que se tiene de los trabajos del IGME. Por lo que propongo poner estas fichas en la propia web del IGME en el formato PDF y poseer en la biblioteca del IGME un ejemplar impreso de las fichas para que todo el que necesite ésa información la tenga a su alcance. He de decir que al última hora pensamos en unas mejoras en las fichas como son: etiquetar la posición de los SRM en los croquis topográfico y geológico, e indicar, en caso de que exista, la posición en mapa del sondeo mecánico, y por último el apartado de “documentación digital” suprimirlo y colocar ésa información en el cuadro de observaciones de la primera página, estos cambio al no haberse realizado aún no se muestran en este informe.

10 Comparativas entre las inversiones de Samovar11

10.1 Aclaraciones iniciales

Se ha realizado el análisis conjunto de los gráficos generados por todas las inversiones generadas para el SRM 8060 siguiendo las inversiones que aparecen en el apartado de metodología. Para la realización de los gráficos se han agrupado las inversiones de amplitud (amplitud), compleja de amplitud (comp ampl) y compleja de amplitud y fase (comp ampl ph) realizadas con el mismo tratamiento de la señal. Quedando por tanto juntas las inversiones de la siguiente forma:

- Las inversiones 1,6 y 11 formando el grupo denominado “Inversión 1”

- Las inversiones 2, 7 y 12 formando el grupo denominado “Inversión 2”

- Las inversiones 3, 8, y 13 formando el grupo denominado “Inversión 3”

- Las inversiones 4, 9 y 14 formando el grupo denominado “Inversión 4”

- Las inversiones 5, 10 y 15 formando el grupo “Inversión 5”.

Las inversiones en bloque se han agrupado de la misma forma.

10.2 Comentarios de las gráficas de amplitud de 8060

En un primer reconocimiento de las curvas que muestran E_0 con respecto al valor del pulso, figura 19, se observó, como principal característica de estas curvas, el descenso que experimenta la V11CAF para valores de pulso alto. Este descenso es aun más significativo si se tiene en cuenta las posiciones de los datos: la V11CAF no se ajusta en absoluto a esos datos para valores de pulso altos.

Por otra parte, pero no por ello menos llamativo, se ha observado una similitud entre la V11A y la inversuión compleja de amplitud. No obstante existen diferencias puntuales entre ellas, dichas diferencias son más apreciables en las inversiones con menor filtrado (inversión 1) y en las inversiones suavizadas. Esto último podría indicar la pérdida de información al realizar la inversión con un esquema en bloque ya que entre la V11A y la V11CA la diferencia radica en la utilización de la señal como una señal compleja o no hacerlo como tal, y por tanto si presentan curvas tan similares se debe a dos posibilidades: el SRM no presenta variación ninguna de la fase durante todo el registro o bien al realizar la inversión la información referente a la parte compleja de la señal se tiene menos en cuenta que el valor de la señal sin tener en cuenta la parte compleja. Por todo esto se debería prestar atención a la hora de hacer las inversiones siguiendo el esquema suavizado o el esquema de bloque.

Si se observan los gráficos de las inversiones 3 y 3b comparándolos con la inversión 1 (inversión sin filtro notch) y con la inversión 2 (inversión filtro notch) puede verse como al filtrar el valor de 1 920 Hz el comportamiento presentado por las curvas de amplitud es un paso intermedio entre la inversión sin filtro notch y la inversión con filtro. La utilización de este filtrado específico puede ser de gran provecho

especialmente, como en este caso, cuando aparecen armónicos de 50 Hz que se pueden filtrar con el filtro notch y surgen armónicos de 60 Hz que no podrían ser filtrados de otra forma o viceversa. No obstante este filtro sólo sirve para una determinada frecuencia, no actúa como el filtro notch sobre los armónicos de 50 Hz ó de 60 Hz de todo el registro.

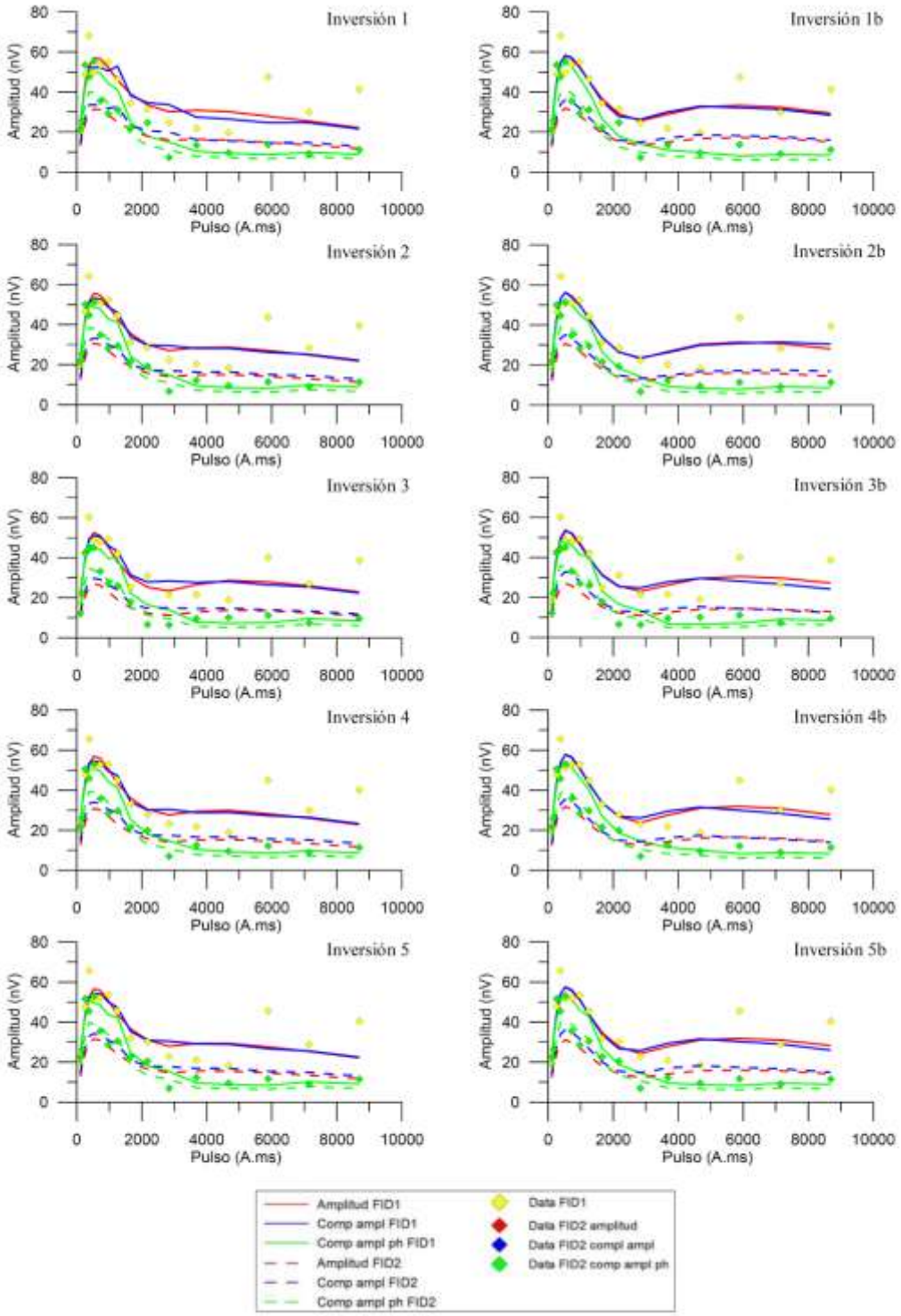


Figura 19: Gráficos de amplitud del SRM 8060

10.3 *Comentario de las gráficas de fase del SRM 8060*

Al observar los resultados obtenidos al dibujar las curvas de las fases, figura 20, de FID 1 y FID 2 de las distintas inversiones realizadas para el SRM 8060 se observó un comportamiento que no se esperaba. Teóricamente esas curvas se deberían mantener iguales siempre ya que se suponía que eran los mismos datos de fase que presentan los archivos generados en campo, este aspecto nunca ha sido tratado en los manuales de la instrumentación ni se ha visto en ningún artículo al que se haya tenido acceso por lo que el razonamiento anterior era una suposición ya que en las versiones anteriores del software así era.

Sorprendentemente las fases de FID 1 y FID 2 no son las que aparecen en los archivos de campo, sino que están afectadas por el filtrado que se realice de los datos tal y como se aprecia en las inversiones 1, 1b, 2, 2b y 3, 3b en las que las opciones de filtrado son distintas. En el caso de las inversiones 4, 4b y 5, 5b existentambién diferecias pero se asemejan a las curvas obtenidas para las inversiones 2, 2b

Especialmente llamativo ha sido el comportamiento mostrado en las inversiones 3 y 3b, ambas realizadas filtrando la frecuencia de 1 920 Hz, en sus gráficos es observable ua variación en eel valor de la fase del primer pulso cambiando de -131,268 ◦ en la inversión 2, 2b a un valor de 164,933 ◦ para las inversiones 3, 3b.

Se desconocen las causas de estos cambios producidos por el filtrado de la señal al igual que se desconoce la procedencia de los datos que se toman como fase en los ficheros generados tras la inversión.

En cuanto a los ajustes de las fases en la modelización llevada a cabo en las inversiones los resultados han sido los siguientes. La V11A como era de esperar no genera ningún ajuste en la fase presentando siempre un valor de cero tal y como era de esperar. En cambio las inversiones complejas sí generan un ajuste de la fase, en este caso las respuestas de los dos tipos de inversiones complejas ha sido similar.

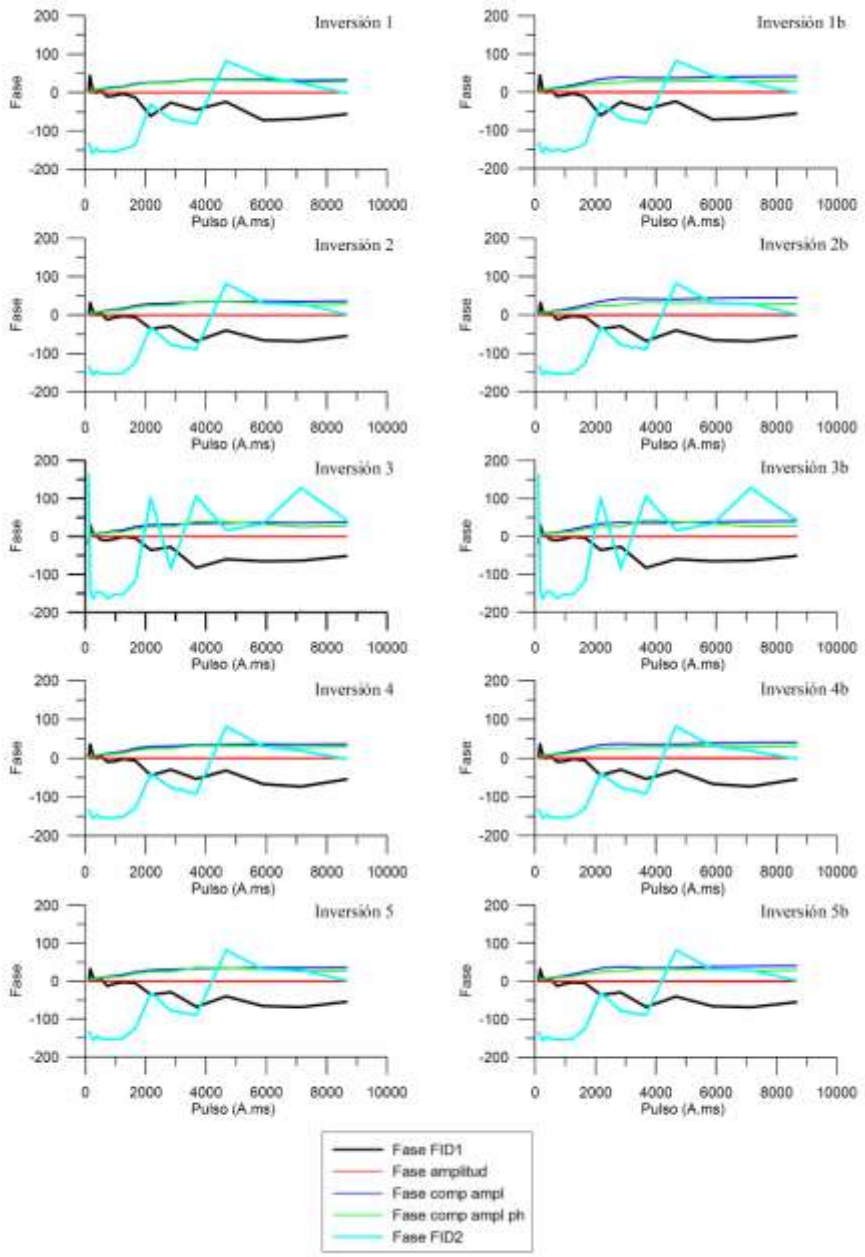


Figura 20: Gráficos de las fases del SRM 8060

10.4 Comentarios de los gráficos de cantidad de agua del SRM 8060

La primera observación que se va a realizar es acerca del comportamiento que ha mostrado la V11CAF. Como se indicó en los comentarios de los gráficos de amplitud de este SRM la V11CAF muestra un ajuste contrario al resto de inversiones, figura 21, mostrando valores de amplitud mucho más bajos que los del resto de curvas. Este comportamiento se traduce en que la V11CAF muestra una zona con agua hasta una profundidad de unos 30 m, mientras que el resto de inversiones muestran dos zonas con agua sin llegar a marcar el límite inferior de la zona más profunda. Este comportamiento presentado por la V11CAF es el esperado: se supone que con este tipo de inversión se soluciona la creación de inversiones que muestran capas con agua a altas profundidades sin que estas capas realmente existan. Por tanto el comportamiento observado de las soluciones que proporciona la V11CAF para este SRM es el esperado, pero se desconoce si este comportamiento es siempre igual exista o no un acuífero más

profundo. Por tanto será necesaria una comparativa entre los SRM realizados en Doñana en el área donde se sabe que se presentan un acuífero superficial y otro más profundo.

La segunda y última observación versa acerca del comportamiento que han presentado las inversiones con esquema suavizado y con esquema de bloque. La respuesta en ambas ha sido la esperada, con variaciones pequeñas pero continuas en el esquema suavizado y cambios más bruscos en el esquema de bloque. A parte de esto aparecen ligeros cambios en términos de profundidades de límites entre los dos esquemas. La V11CAF parece la menos influenciada por el cambio de un esquema a otro.

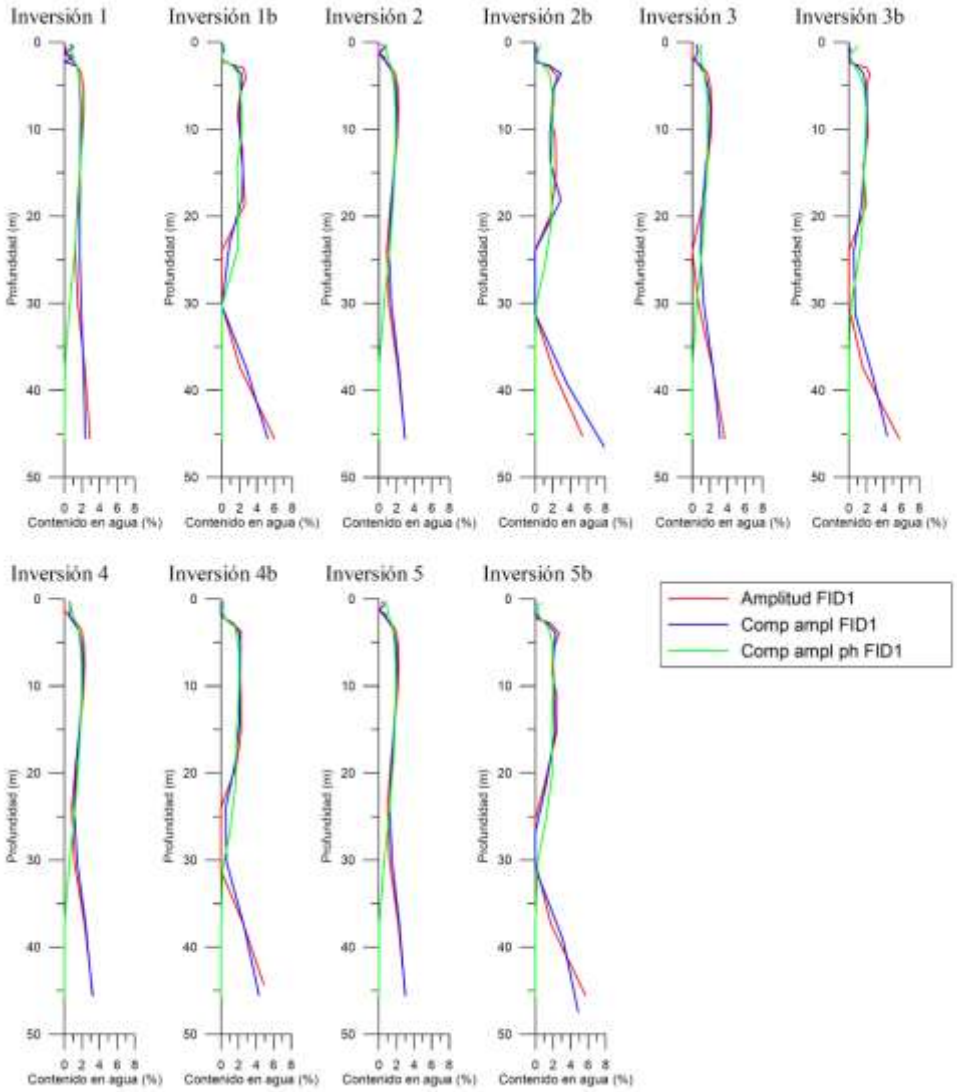


Figura 21: Gráficos de contenido en agua del SRM 8060

10.5 Comentarios de los gráficos de T1 del SRM 8060

En términos generales todas las inversiones, independientemente del esquema seguido al hacer la inversión, han presentado unas características similares entre ellas, figura 22.

Las inversiones muestran un tramo inicial hasta los 5 m de profundidad donde ocurren cambios bruscos en las curvas al parecer sin patrón definido, la curva de la V11CAF es la que menos variaciones de este tipo muestra.

Después entre 5 m y 20 m todas las inversiones muestran un comportamiento igual. En este tramo la curva de la V11A muestra siempre los mayores valores de T1, seguida de la inversión compleja de fase y por último la V11CAF. Es curioso indicar que la profundidad de 20 m es definida en los manuales del software nuevo como el valor típico de "profundidad máxima de resolución geométrica de un acuífero" (concepto que no se explica en dichos manuales) para una antena de ocho cuadrado con 37,5 m de lado.

Luego entre los 20 m y los 40 m aparecen diferencias entre las inversiones, dentro de este tramo es interesante el comportamiento de la V11CAF que finaliza en torno a los 37m en todas las inversiones a excepción de la inversión 1 y 5.

Finalmente entre los 40 m y los 50 m, salvo la V11CAF que ya ha finalizado menos en las inversiones 3 y 5, vuelve a aparecer la similitud en las curvas variando los valores de T1 volviendo a presentar la V11A los mayores tiempos de decaimiento seguida de la inversión compleja de amplitud.

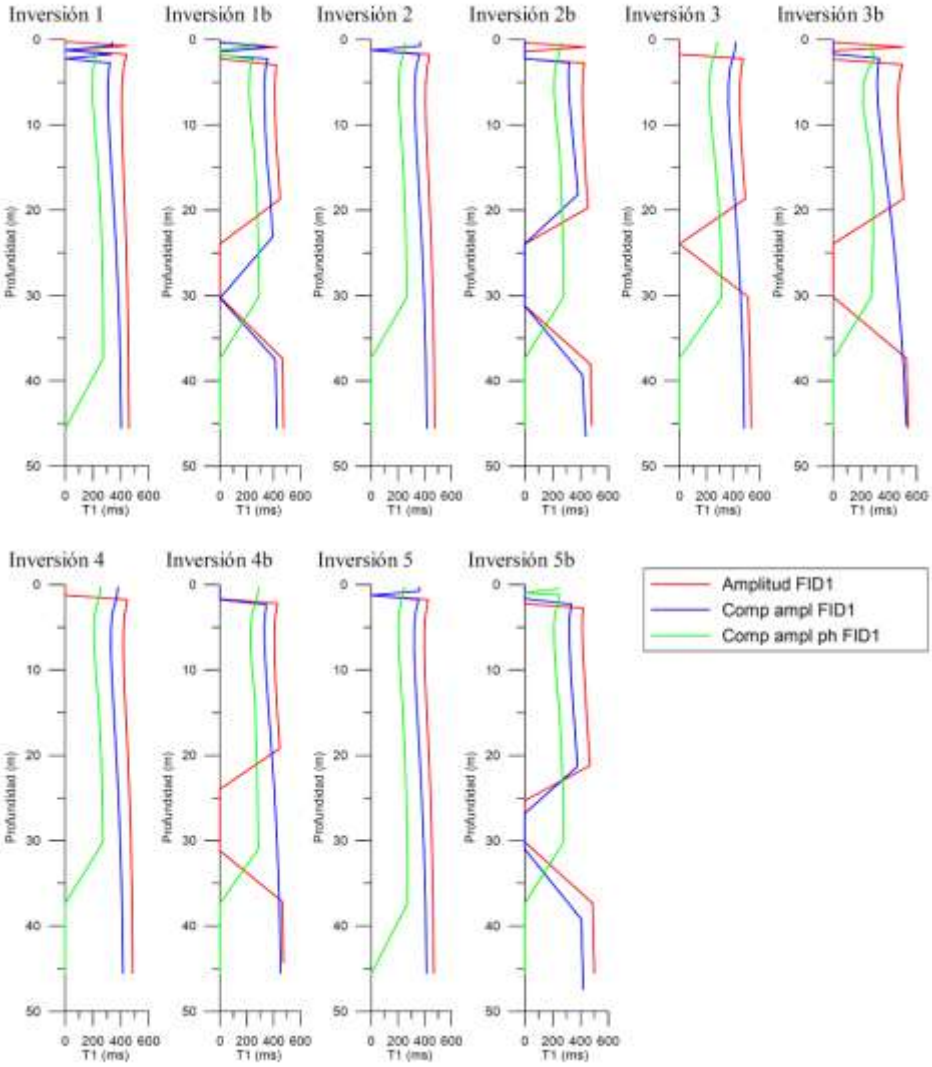


Figura 22: Gráficos de T1 del SRM 8060

10.6 Comentarios de los gráficos de T2* del SRM 8060

Intentando hacer un paralelismo con el estilo de interpretación empleado para T1, para T2*, figura 23, es posible realizar subdivisiones en tramos de profundidad.

El primer tramo llega hasta los 10 m de profundidad, aparecen muchas variaciones en las curvas, en este tramo aparece en todas las inversiones un máximo de 1 000 ms (valor de T2* característico de agua). De las tres inversiones la que presenta mayores valores de T2* es la inversión de amplitud, mostrando igual en casi todas las inversiones con esquema de bloque.

El inicio del segundo tramo se encuentra a 10 m pero el final es relativamente variante ya que está marcado por una separación entre las curvas; la V11CAF se desplaza hacia valores menores hasta llegar a cero por norma general. Como media esta separación se produce en torno a los 32 m.

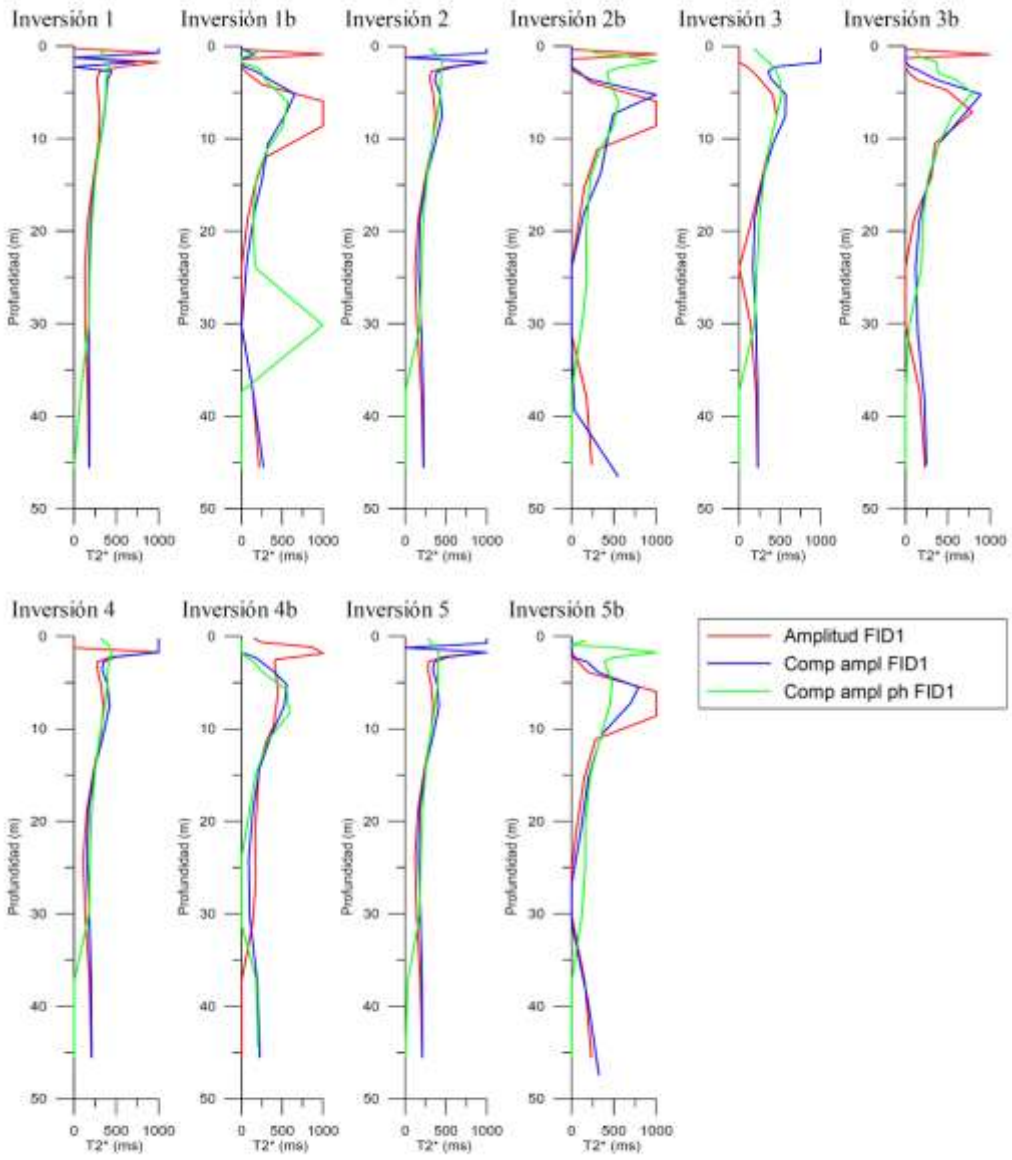


Figura 23: Gráficos de T2* del SRM 8060

11 Reprocesamiento de los SRM del acuífero de Doñana

En este capítulo se hará referencia únicamente a los SRM IV-1-5b, IV-2-3, IV-2-4b y el IV-4-3; el resto de SRM reprocesados se encuentran en el anexo E.

11.1 SRM IV-1-5b

Este SRM, figura 24, ha presentado en las curvas de amplitud una buena coherencia para el primer pulso, desviándose ligeramente la curva de la V11CAF respecto al resto. El segundo pulso ha presentado una variación de los valores de amplitud para las inversiones nuevas y para la original, apareciendo para el segundo pulso también una ligera variación de la V11CAF con respecto al resto.

En cuanto a la fase, para FID 1 el primer pulso ha presentado una ligera variación, las curvas de las inversiones complejas se han ajustado de forma relativamente satisfactoria aunque no han mostrado un ajuste total. En cuanto a la fase de FID 2, ha presentado unos valores anómalos al principio y al final del SRM.

Respecto la curva de cantidad de agua, ha mostrado un máximo generalizado en torno a los quince metros con un contenido aproximado de un 35 % en agua, esta cantidad se ha reducido para la V11CAF. En torno a los setenta metros se ha observado un ligero aumento en las curvas de las inversiones complejas que no se ha visto ni en la proveniente de la V11A del SAMOVAR 11 ni en la V6. Se tendría por tanto para las inversiones complejas dos capas acuíferas entre los cinco y quince metros de profundidad y entre los sesenta y los ochenta y dos metros, teniendo el más profundo menos cantidad de agua.

Para la curva de T1 de las inversiones nuevas han aparecido valores iniciales muy altos, superiores a los 600 ms, que no se han presentado en la V6 que en cambio si ha mostrado un máximo a los cincuenta metros no existente en el resto de curvas. A mayor profundidad, para unos sesenta metros se ha producido un ligero aumento del valor de T1 para la V11CAF hasta alinearse con la curva de la V6, este aumento no ha aparecido en las otras curvas.

Por último para T2* se han mostrado valores excesivamente elevados siendo incluso valores superiores a T1, no obstante estos máximos han aparecido a la misma profundidad que en las curvas de T1 y se han correspondido con los valores máximos de cantidad de agua indicados anteriormente. Respecto a la posible segunda capa acuífera presente a más profundidad ha aparecido un ligero aumento del valor de T2* para la V6 y para la V11CAF, tal y como ocurría para T1. L inversión que ha mostrado menores niveles de error en el ajuste ha sido la V11A, tabla 5.

Tabla 5: Inversiones del SRM IV-1-5b

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-1-5b V11A	***4,78***	***23,41***	***12,24***	***44,41***
IV-1-5b V11CA	4,78	23,41	18,87	43,10
IV-1-5b V11CAF	4,78	23,41	55,64	45,94

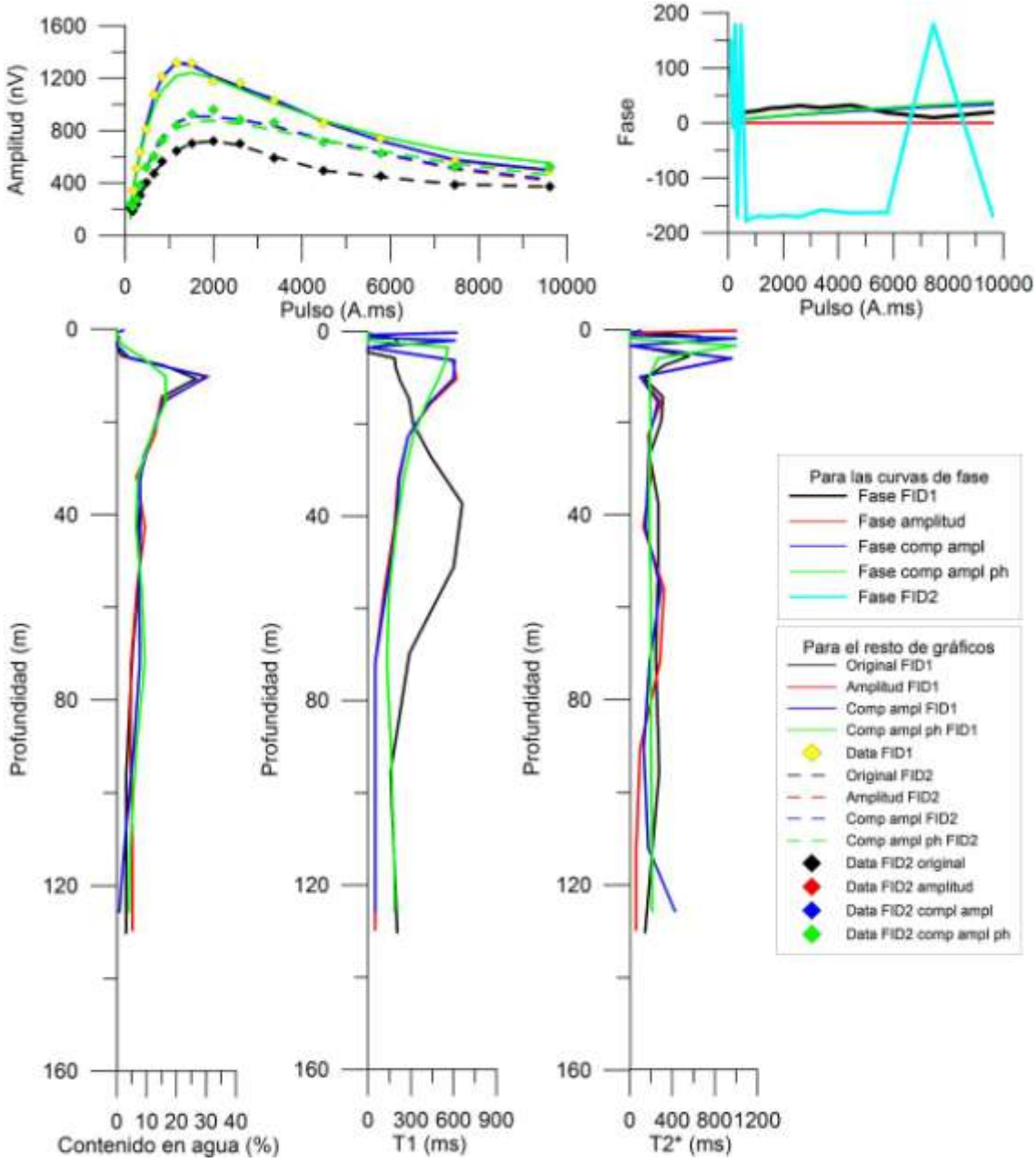


Figura 24: Inversiones SRM IV-1-5b

11.2 SRM IV-2-3

Para las curvas de amplitud, figura 25, se ha observado un agrupamiento para FID 1 de las curvas, exceptuando la de la V11CAF cuyo máximo de amplitud ha sido menor que el del resto y a valores altos del pulso ha presentado valores mayores de amplitud hasta llegar a tener una tendencia casi horizontal, lo que producirá la aparición en profundidad de una capa acuífera que no finalizará con el SRM.

Acerca de las curvas de fase se ha observado un correcto modelizado de la fase por parte de las inversiones complejas, no obstante tanto para FID 2 como para FID 1 aparecen valores anómalos para el primer pulso.

Al observar el gráfico de cantidad de agua se han podido ver ciertas similitudes entre todas las curvas hasta unos 50 m, profundidad a partir de la cual difieren en comportamiento las curvas de inversiones complejas y las demás, incluso se ha podrido producir una diferencia entre las curvas complejas: la curva de la V11A ha mostrado el final de una posible capa acuífera con mayor cantidad de agua a mayor profundidad mientras que como se ha comentado la curva de la V11CAF no ha mostrado este final.

Respecto a T1 las curvas de las nuevas inversiones han presentado un comportamiento similar descendiendo de unos 600 ms a menos de 150 en los primeros 45 m manteniéndose así hasta el final del SRM, produciéndose un ligero aumento de la curva de la V11CAF a partir de los 80 m, profundidad que ha coincidido con un aumento en la cantidad de agua para esta curva. Comentar así mismo, que todos los valores de T1 han sido menores a los valores de la V6.

Para finalizar indicar la semejanza de las curvas para T2*, la curva de la V11CAF ha presentado los menores valores, mientras que la curva de la V11CA comienza a aumentar a partir de los 80 m terminando por convertirse al finalizar el SRM en el máximo valor. Los valores de T2* que han aparecido a partir de los 45 m son mayores que los de T1, lo que imposibilita el modelo. Tal y como aparece en la tabla 6 la V11CA ha mostrado los menores niveles de error en el ajuste.

Tabla 6: Inversiones del SRM IV-2-3

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-3 V11A	5,31	16,66	44,97	63,38
IV-2-3 V11CA	***5,31***	***16,66***	***45,69***	***52,20***
IV-2-3 V11CAF	5,31	16,66	55,31	53,31

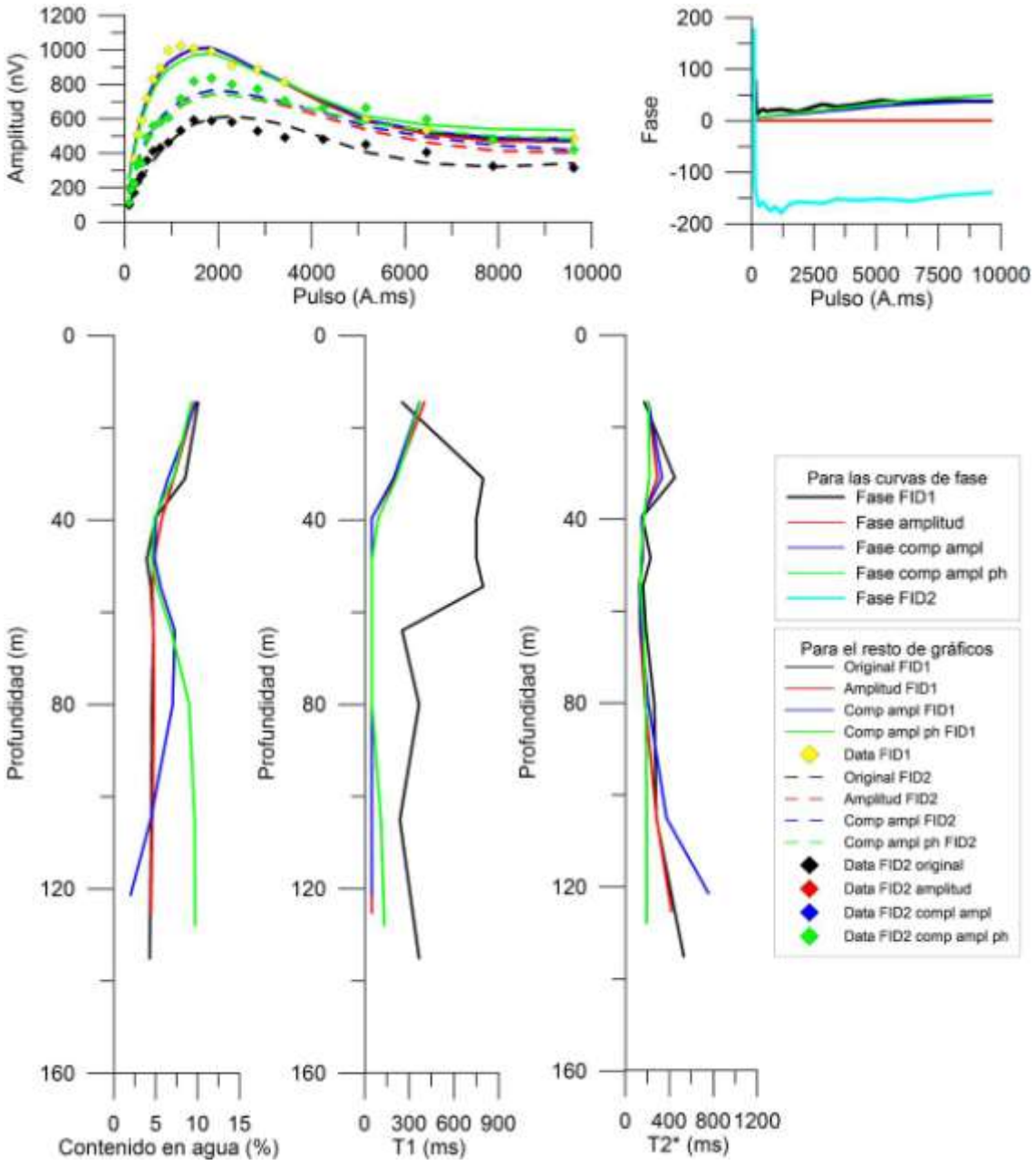


Figura 25: Inversiones SRM IV-2-3

11.3 SRM IV-2-4b

El ajuste que presentan las curvas en el gráfico de amplitud (figura 26) es semejante, aumentando ligeramente el de la V11CAF al llegar a los mayores valores de pulso.

Observando el gráfico de las fases se distinguen unos valores anómalos de FID 2 para los primeros pulsos, respecto el ajuste de las inversiones complejas parece ser adecuado.

Respecto al gráfico de cantidad de agua aparece un valor a poca profundidad de un 30 % perteneciente a la curva de la inversión de amplitud. Después hasta unos 50 m el comportamiento de las curvas es similar, a mayor profundidad las curvas de las inversiones complejas se distancian de las otras curvas presentando valores ligeramente superiores.

Para los valores de T1 las inversiones nuevas se agrupan presentando la V11CA unos valores anormalmente altos e imposibles en ningún modelo. Como en casos anteriores los valores de T1 de la V6 son mayores que los obtenidos con las nuevas, aunque a profundidades pequeñas ocurre lo contrario.

En T2* las curvas también se agrupan apareciendo también valores anormalmente altos para la curva de la inversión compleja de amplitud. La V11CA ha mostrado menores niveles de error, tabla 7.

Tabla 7: Inversiones del SRM IV-2-4b

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-4b V11A	16,54	4,86	11,21	52,22
IV-2-4b V11CA	**16,54**	**4,86**	***15,25***	***44,82***
IV-2-4b V11CAF	16,54	4,86	22,22	33,02

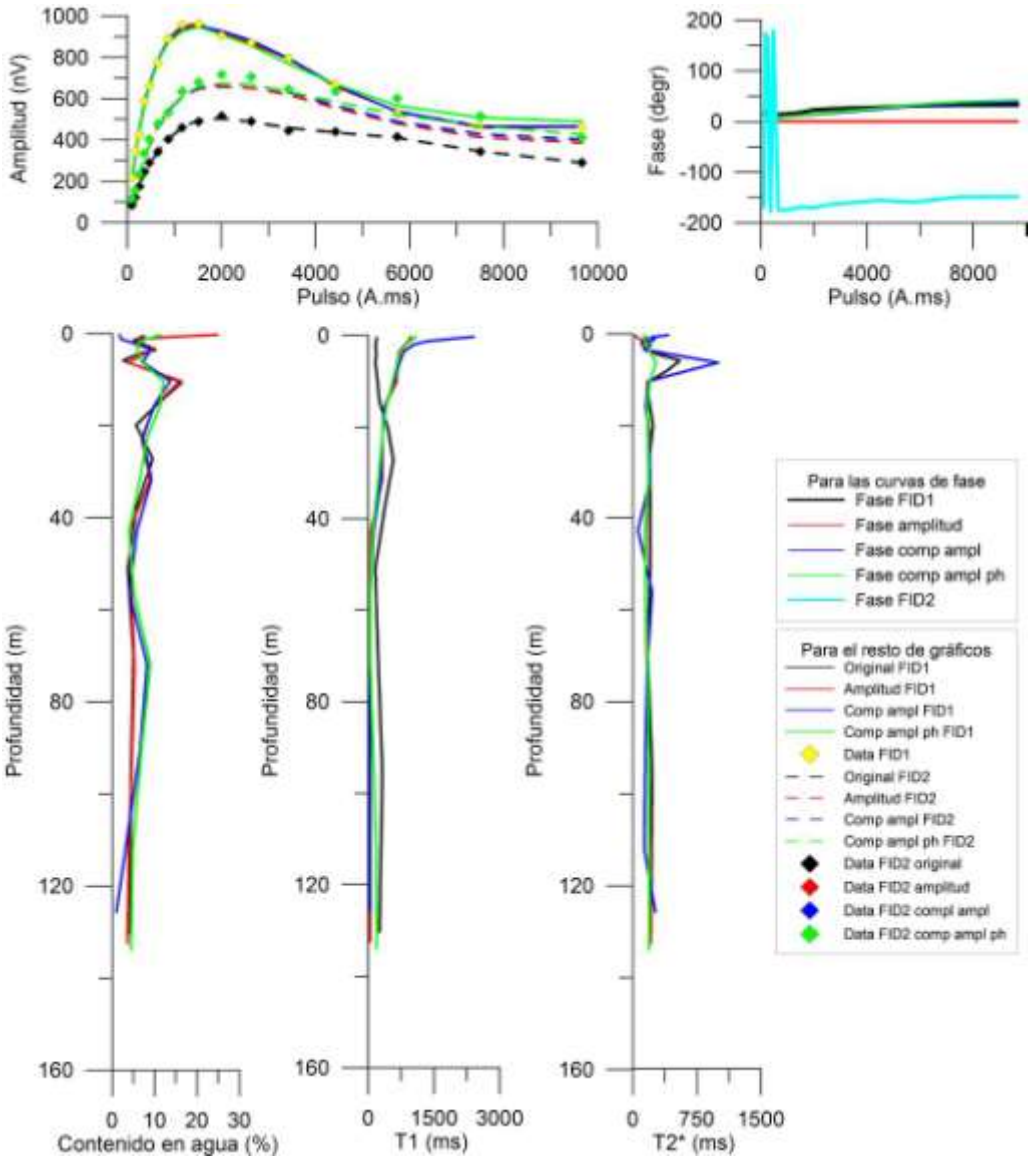


Figura 26: Inversiones SRM IV-2-4b

11.4 SRM IV-4-3

El comportamiento de las curvas de las inversiones en el gráfico de amplitud para FID 1 de este SRM, figura 27, es ligeramente distinto a lo que hasta ahora se ha visto. Las curvas de la V6 y la perteneciente a la V11A coinciden, mientras que la curva de la V11CA posee un máximo mayor que el resto de curvas y luego decrece para finalizar con los menores valores de todas. La curva de la V11CAF comienza con los menores valores en el máximo y aumenta poco a poco hasta colocarse entre las curvas de la V6 y la de amplitud, que presentan al final del SRM los valores mayores de amplitud, y la curva de la inversión compleja de amplitud. Pero para FID 2 el comportamiento de la curva de la V11CAF es distinto, teniendo al final del SRM los mayores valores, mientras que las otras dos curvas de las inversiones nuevas se sitúan de forma similar a como lo hacían para FID 1. La curva original para FID 2 tiene valores menores que el resto.
Las curvas de fase no presentan valores anómalos y las inversiones complejas se ajustan a la fase de FID 1 pero sin reproducir el descenso que dicha fase presenta al final del SRM.

Las inversiones de este SRM se han realizado utilizando un modelo de capas, por lo que el primer punto de las curvas en profundidad no comienzan en cero sino en el centro de la primera capa, esto ocurre con todos los SRM, pero cuando se realiza una inversión sin modelo inicialmente el SRM tiene capas con pequeño espesor, el cual aumenta tal y como ya se ha visto, por lo que al ser pequeñas el primer punto de esas curvas queda cerca del cero del eje que marca la profundidad.

Una vez aclarado este aspecto de nuevo, procedemos a comentar el gráfico de cantidad de agua, que muestra un claro paralelismo entre las inversiones complejas por una parte, y la curva de la V6 y de la V11A por otra, presentando soluciones muy distintas.

Para T1 las curvas de la V11CAF y la curva de la V11Apresentan un gran parecido, al igual que lo hacía la curva de la inversión compleja de amplitud, pero a partir de los 65 m se desvía de la agrupación alcanzando valores cercanos a 3 000 ms. La curva de la V6 se comporta de forma distinta al resto de curvas hasta los 80 m a partir de donde se parece agrupar con la curva de la V11CAF y la inversión de amplitud.

Para finalizar este comentario, decir que para el gráfico de T2* la curva de la V6 y la de la V11A muestran un comportamiento parecido mientras que las curvas de las inversiones complejas no parecen tener ningún patrón, siendo únicamente reseñable que la curva compleja de amplitud presente valores anómalos de T2* de 1 000 ms. La V11CAF es la inversión que ha mostrado un mejor ajuste, tabla 8.

Tabla 8: Inversiones del SRM IV-4-3

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-4-3 V11A	26,28	4,39	41,37	94,53
IV-4-3 V11CA	26,28	4,39	56,75	73,86
IV-4-3 V11CAF	***26,28***	***4,39***	***51,26***	***69,14***

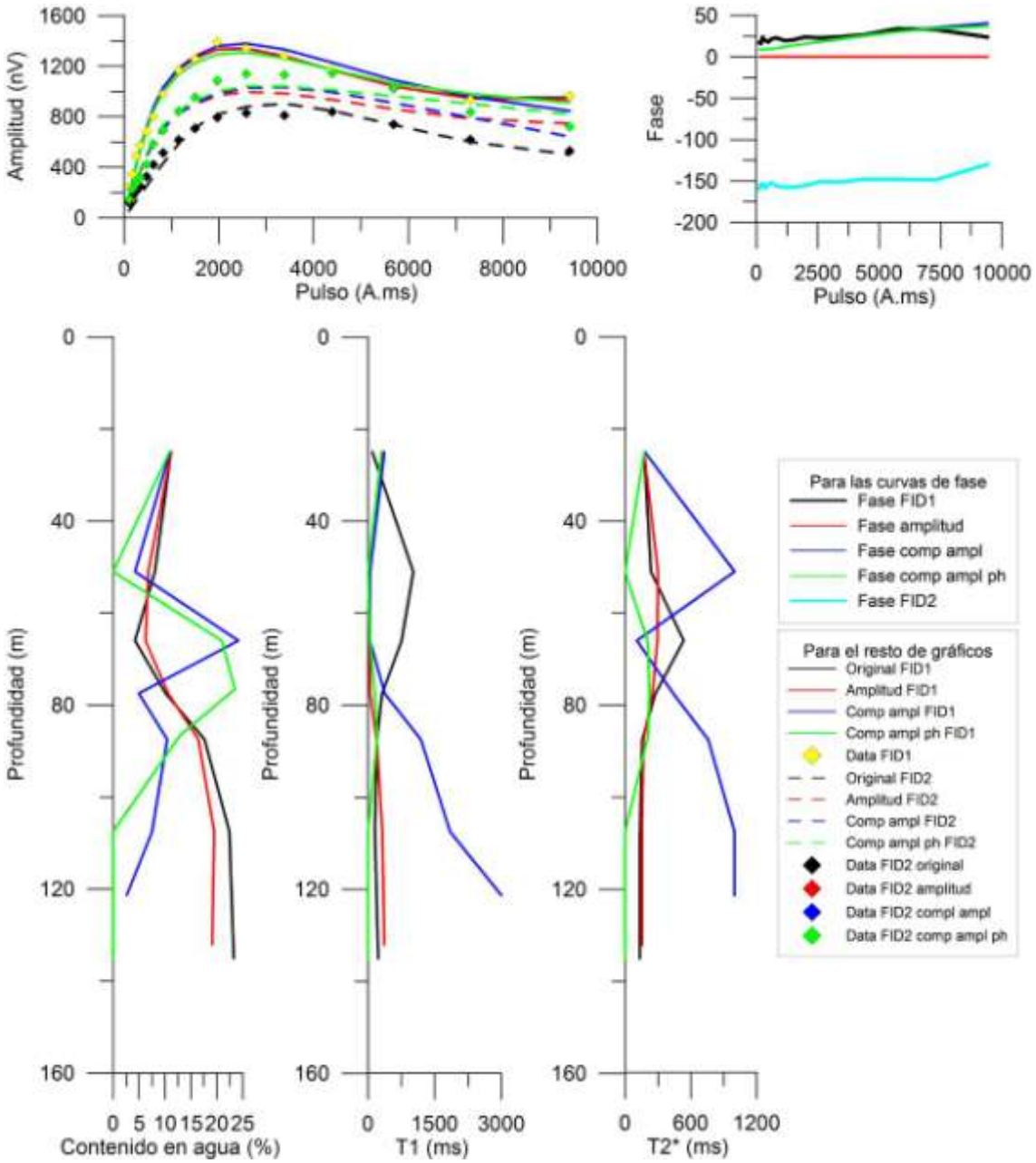


Figura 27: Inversiones SRM IV-4-3

12 Reprocesamiento de los SRM del acuífero de Estaña

En este capítulo se muestran únicamente los SRM E3, E10 y E18, el resto se encuentra en el anexo F.

12.1 SRM E3

Este SRM (figura 28) ha mostrado coherencia entre las soluciones generadas por las nuevas inversiones y la V6. Las únicas diferencias que han aparecido entre ellas se muestran en el gráfico de amplitud donde la curva de la V11CAF ha mostrado unos valores de amplitud inferiores al resto de curvas para valores de pulso altos, esto también parece influir en la curva de cantidad de agua en la que a pesar de sus bajos contenidos, es observable la similitud entre las curvas a excepción de la curva de la V11CAF que tal y como se ha indicado ha mostrado al final del SRM un descenso en la amplitud para pulsos altos, por tanto menores cantidades de agua para profundidades mayores.

El gráfico de fase ha resaltado la aparición de puntos anómalos para FID 2 al principio del SRM. Del ajuste de la fase del modelo generado por las inversiones complejas parece que el aportado por la V11CAF se adapta mejor.

Respecto a los tiempos de decaimiento, para T1 las inversiones nuevas han presentado valores muy parecidos, siendo los mayores los generados por la V11Aseguidos por los de la V11CAy por último los de la V11CAF. Los valores de T1 de la V6 han sido menores que los de el resto de las curvas durante los primeros 55 m, pero después los valores de la V6 aumentan hasta alcanzar unos valores cercanos a 500 ms. Para T2* las curvas de la V6, de la V11Ay de la V11CAhan mostrado valores semejantes, marcando valores de casi 1 000 ms en tres ocasiones, mientras que la V11CAF ha mostrado valores menores que el resto, a excepción de uno de los máximos que también ha corroborado.

Este SRM se realizó cerca de un sondeo mecánico, el S-6, que posee una profundidad máxima de 40 m,; la columna litológica muestra facies Muschelkalk hasta los 35 m pasando después a facies Keuper hasta el final del sondeo. No parecen apreciarse cambios en las curvas de las inversiones que puedan mostrar este cambio de facies, en cambio si presentan un aumento en la cantidad de agua a la profundidad de 15 m a la cual se situó el nivel piezométrico.

El SRM ha presentado un valor regular de señal-ruido y un valor bueno de la relación entre el ruido externo y el interno (tabla 9). De las inversiones realizadas para este SRM la que ha mostrado un menor error de ajuste ha sido la V11CAF.

Tabla 9: Inversiones SRM E3

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E3 V11A	3,74	1,37	2,44	8,11
E3 V11CA	***3,74***	***1,37***	***2,45***	***6,76***
E3 V11CAF	3,74	1,37	4,71	6,91

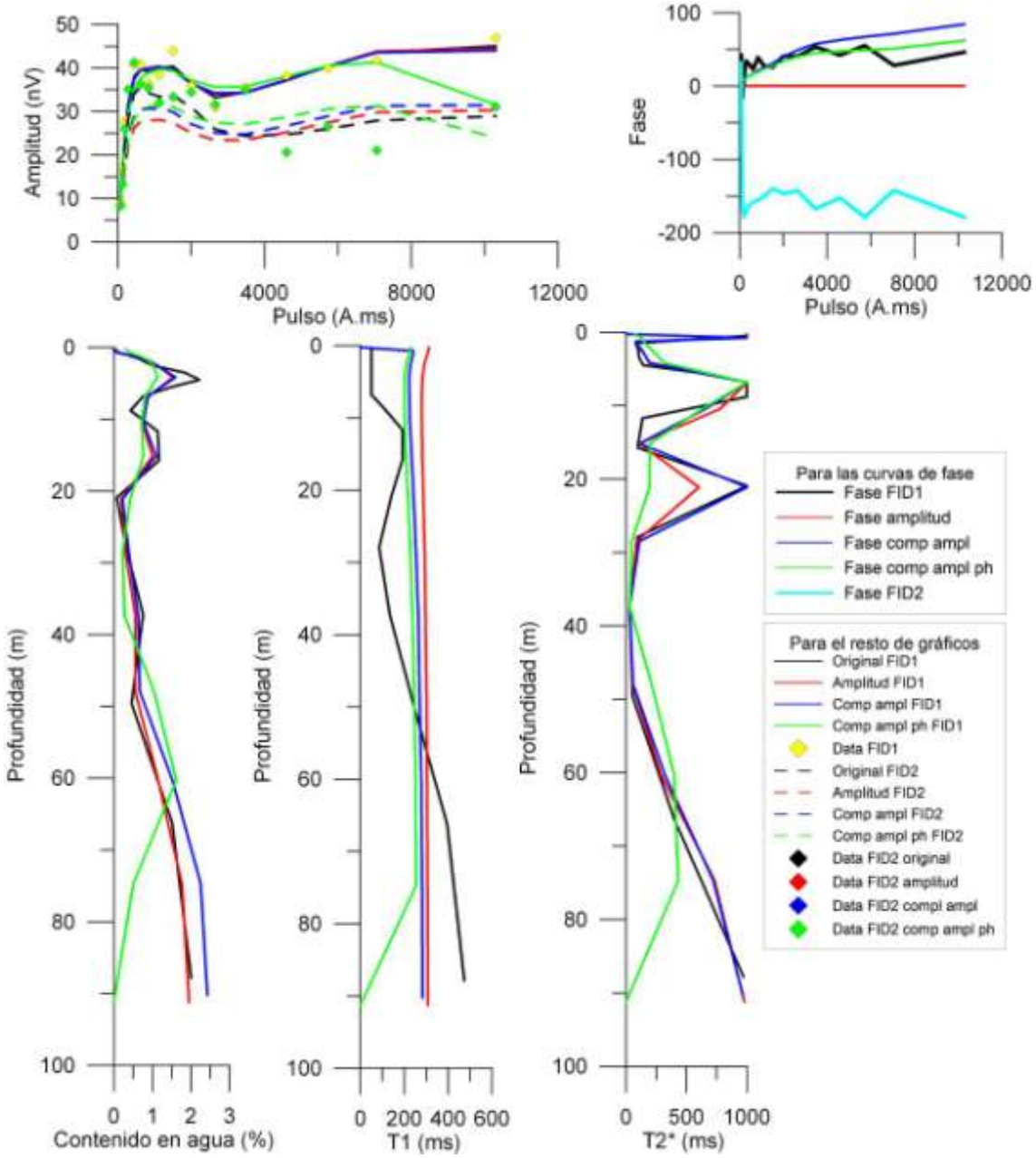


Figura 28: Inversiones SRM E3

12.2 SRM E10

El resultado que se ha obtenido para este caso (figura 28) ha mostrado características similares a otros SRM. En el gráfico de amplitud para FID 1 se ha observado un paralelismo entre las soluciones generadas por las inversiones original, de amplitud y compleja de amplitud, mientras que la V11CAF ha diferido bastante, especialmente en la forma que presenta el máximo de amplitud, mostrando además valores de amplitud muy bajos para los valores altos de pulso. Respecto FID 2 el comportamiento de las inversiones es similar.

Todo lo observado en el gráfico de amplitud se traslada al gráfico de contenido en agua, el cual ha mostrado una similitud entre las curvas que han presentado también semejanza en el gráfico de amplitud, pero en este gráfico el comportamiento de la curva

de la V11CAF parecer seguir la tendencia del resto de curvas, si bien a partir de los 60m de profundidad presenta valores nulos de cantidad de agua, aspecto que no ha mostrado el resto de curvas, es por tanto un posible efecto al pretender eliminar la aparición de un acuífero más profundo.

Entre los 20 y 50m el comportamiento de las curvas de las nuevas inversiones para T1 ha sido igual, variando la curva generada por la V11CAF tanto al comienzo como al final del SRM. Todas las inversiones han generado valores de T1 superiores a los 600 ms llegando incluso a los 1 000 ms al comienzo del SRM para la V11CAF, aun así los tiempos son menores a los generados por la V6 que llega hasta los 3 000 ms.

Para T2* las curvas han presentado similar comportamiento a excepción de la curva de la V11CAF que ha mostrado en general menores valores de T2* que las otras curvas, no obstante todas las inversiones han alcanzado los 1 000 ms.

Este SRM ha mostrado un nivel muy bueno de la relación señal/ruido y un nivel bueno en la relación entre el ruido externo e interno tal y como se aprecia en la tabla 10. La inversión que ha generado menores errores de ajuste ha sido la inversión compleja de amplitud.

Tabla 10: Inversiones SRM E10

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E10 V11A	13,1	1,82	10,21	14,97
E10 V11CA	***13,1***	***1,82***	***10,52***	***13,9***
E10 V11CAF	13,1	1,82	43,28	24,17

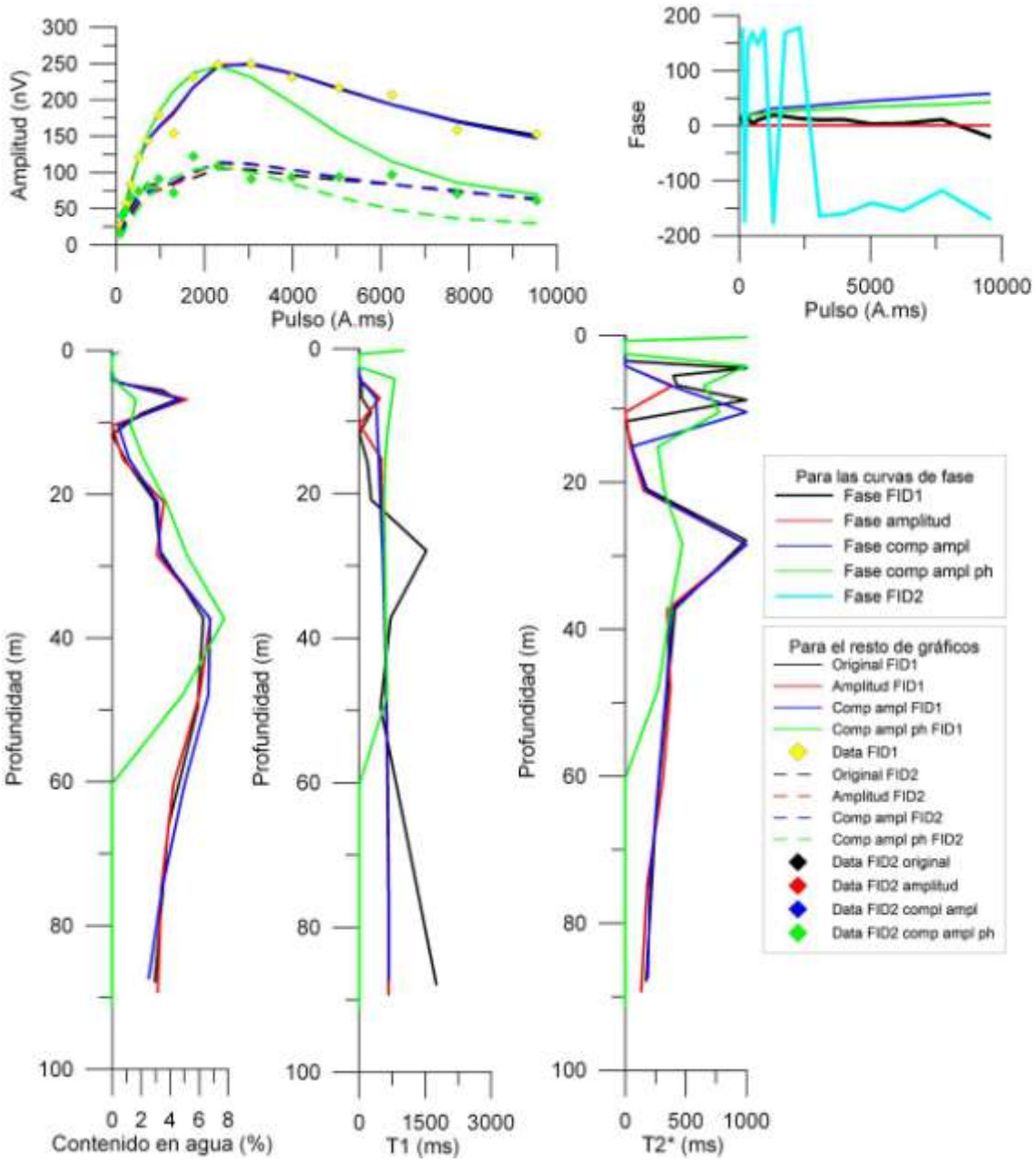


Figura 29: SRM E10

12.3 SRM E18

Este SRM ha mostrado un paralelismo para FID 1 en el gráfico de amplitud, conjuntando las curvas de todas las inversiones, al llegar a valores altos la curva de la V11CAF se ha desmarcado del resto finalizando el SRM con valores de amplitud menores que el resto de curvas, figura 29. Todo esto se ha traducido en un paralelismo entre las curvas en el gráfico de contenido de agua, si bien han presentado pequeñas variaciones al final de la zona con agua, además de la menor extensión en profundidad por parte de la solución generada por la V11CAF mientras que para FID 2 el paralelismo ha sido distinto, pareciéndose conjuntar la curva de la V11Acon la curva de la V11CA por un lado y la curva de la V6 con la perteneciente a la compleja de amplitud y fase por otro.

El gráfico de las fases de FID 1 y de FID 2 ha mostrado para ambas valores anómalos para el primer pulso, para FID 2 además los valores de los últimos pulsos también han sido anómalos.

Para el tiempo de decaimiento T1 se ha observado una similitud en el modelo de tiempos generados por las inversiones nuevas, el cual sólo ha variado entre ellas a la hora del comienzo y final de la zona con agua. Remarcar que mientras la V6 alcanzaba los 1 000 ms, las inversiones nuevas no han superado los 325 ms, pasando por tanto de una solución incompatible con respecto de T1 a una solución posible.

Respecto a T2* el comportamiento de todas las curvas ha sido similar, siendo mayor la correspondencia entre las curvas de la V11Ay la curva de la inversión compleja de amplitud. Todas las curvas han marcado valores máximos de 1 000 ms.

Este SRM ha presentado un nivel muy bueno de relación señal/ruido pero malo en la relación entre el ruido externo e interno. Tal y como aparece en la tabla 11 la inversión que mejor se ha ajustado a los datos ha sido la inversión compleja de amplitud.

Tabla 11: Inversiones SRM E18

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E18 V11A	13,82	2,74	6,15	17,23
E18 V11CA	***13,82***	***2,74***	***6,16***	***16,28***
E18 V11CAF	13,82	2,74	25,26	15,31

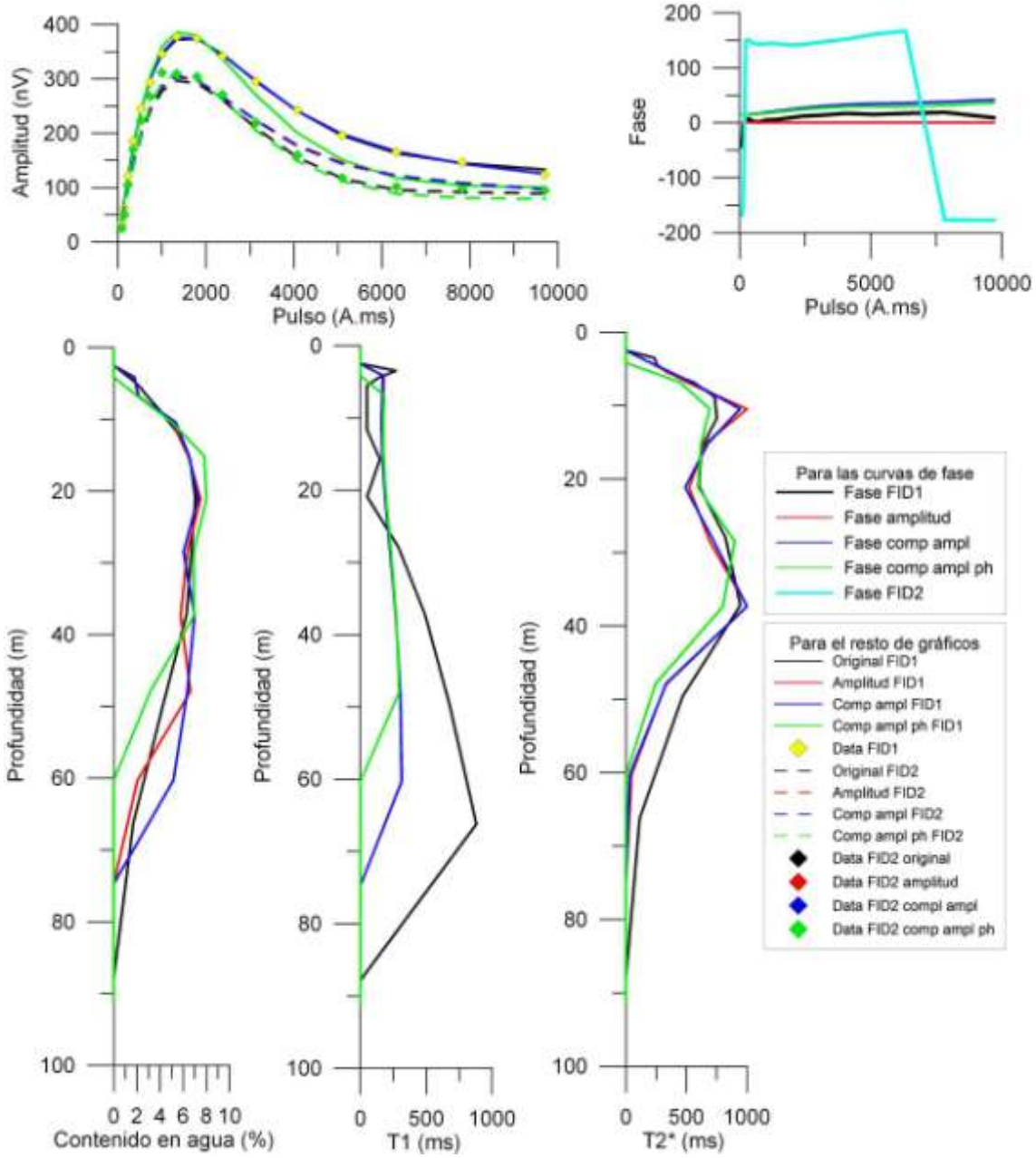


Figura 30: Inversiones SRM E18

13 Conclusiones

13.1 Respecto a la realización de las fichas de los SRM

La realización de las fichas de los SRM tratados en este proyecto ha supuesto un trabajo de análisis de cuáles son los principales parámetros de un SRM, llevándose esta etapa y la etapa de maquetación la mayoría de las horas de dedicación que este apartado del proyecto ha necesitado. Después de una vez establecido el modelo, la realización de todas las fichas para cada uno de los SRM de los acuíferos de Doñana y Estaña ha sido relativamente rápida. Por todo esto se puede concluir en la celeridad con que se podría realizar un inventario completo de los SRM realizados siguiendo el modelo aquí presentado u otro diferente. Incluso se podría incluir el formato de ficha como formato tipo para identificar los SRM en los futuros trabajos realizados en el IGME, lo que supondría una facilidad aún mayor de generar el registro. Dicho registro sería de utilidad para futuros estudios en las zonas donde se hayan realizados los SRM, facilitando la información a todo el personal interesado y mostrando a la población en general los trabajos realizados siguiendo el Método de Sondeos de Resonancia Magnética generando por tanto un mayor conocimiento y expansión de este método.

13.2 Respecto las opciones de inversión de Samovar 11

Las siguientes conclusiones corresponden al trabajo realizado en este proyecto, no intentan ser conclusiones generales sino una síntesis de las principales características que se han observado durante la realización de este estudio.

En las distintas gráficas de amplitud de las inversiones realizadas al SRM 8060 se ha observado lo que parece una tendencia de igualdad entre las inversiones complejas realizadas con esquema de bloque.

Por otra parte la V11CAF ha generado un modelo que se ajusta bien para los valores de pulso iniciales pero que se separa de los datos para los valores de pulso altos y por tanto del resto de inversiones. Este comportamiento se desconoce si es fruto de la estructura del subsuelo, ya que no existen registros de sondeos que alcancen las profundidades del SRM, o si podría ser resultado del propio comportamiento matemático de la inversión. Este aspecto aquí inconcluso queda determinado en las conclusiones obtenidas de las inversiones realizadas con el programa SAMOVAR 11 para los SRM realizados en el acuífero de Doñana y de Estaña.

En cuanto al contenido en agua no se han vislumbrado diferencias que no parezcan motivadas por las propias diferencias que muestran las curvas $E_o(q)$.

Respecto a T1 parece mostrar cierto ordenamiento de las inversiones, es decir, para un mismo filtrado las inversiones del programa SAMOVAR 11 parecen ordenarse siendo la V11CAF la que presenta tiempos T1 más cortos, seguida de la V11CAy por último la V11A que ha mostrando los mayores tiempos. El comportamiento mostrado por T1 parece estar caracterizado por una zona que comprende los cinco primeros metros de profundidad que muestra un comportamiento irregular en las inversiones, seguida de una capa hasta los veinte metros en los que las inversiones muestran un comportamiento similar con tiempos ordenados como se ha indicado anteriormente, después las inversiones parecen mostrar diferencias entre ellas.

En lo correspondiente a T2* las inversiones no han parecido mostrar ningún comportamiento de clasificación como parece suceder para T1, no obstante si parece mostrar al igual que T1 un tramo inicial hasta los diez metros de profundidad con mayor variabilidad en las inversiones seguido de una etapa hasta los 35 m de profundidad a partir de donde las inversiones parecen asemejarse para después, al igual que ocurría para T1, volver a mostrar diferencias entre ellas.

Por último, en cuanto al comportamiento de la fase se ha observado la variabilidad de la fase de FID 1 y FID 2 respecto al filtrado, esta característica es nueva en el SAMOVAR 11 con respecto la versión anterior del software. Acerca del ajuste de FID 1 generado por las inversiones complejas se ha observado la dependencia de este ajuste con el modelo geoeléctrico introducido en la matriz que actúa en la inversión.

En la figura 29 se puede ver la influencia que tiene la matriz en el ajuste realizado por las inversiones complejas en este caso en el SRM IV-1-5, mostrando el modelo de fase generado para tres modelos geoeléctricos obtenidos a partir de la columna del sondeo mecánico IV-1-5 y otros dos modelos geoeléctricos utilizando una única capa con valores de resistividad de 200 Ωm y 500 Ωm. El efecto que produce el cambio de matriz no parece ser muy significativo en la determinación de las porosidades y tiempos de decaimiento. En la figura 30 se puede apreciar la baja variabilidad que han mostrado estas inversiones realizadas con las distintas matrices pudiéndose deducir que si se utiliza una matriz apta para la inversión de un SRM, es decir, que se adapte un mínimo a las características del terreno sin presentar valores anómalos en el modelo geoeléctrico utilizado, los resultados obtenidos no parecen variar significativamente. Esta nueva característica del software SAMOVAR 11 de mostrar el ajuste realizado para las fases debería ser analizada en profundidad en futuros estudios para alcanzar el mayor conocimiento posible del funcionamiento de las fases en los SRM, la influencia del modelo geoeléctrico utilizado y si se puede obtener información geoeléctrica de la propia fase del SRM.

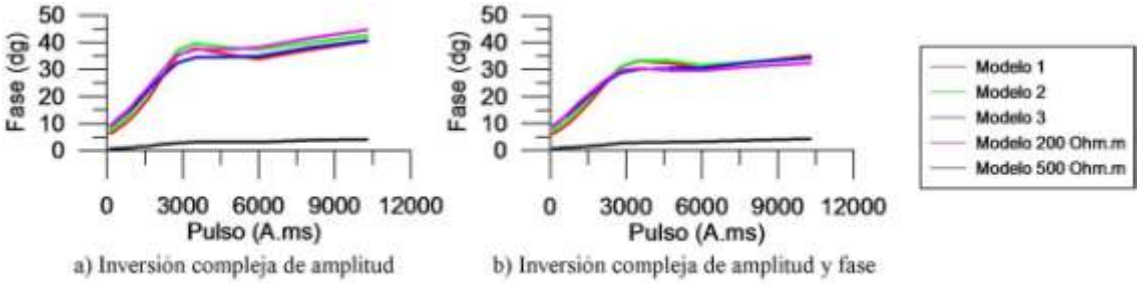


Figura 31: Influencia de las matrices en el ajuste

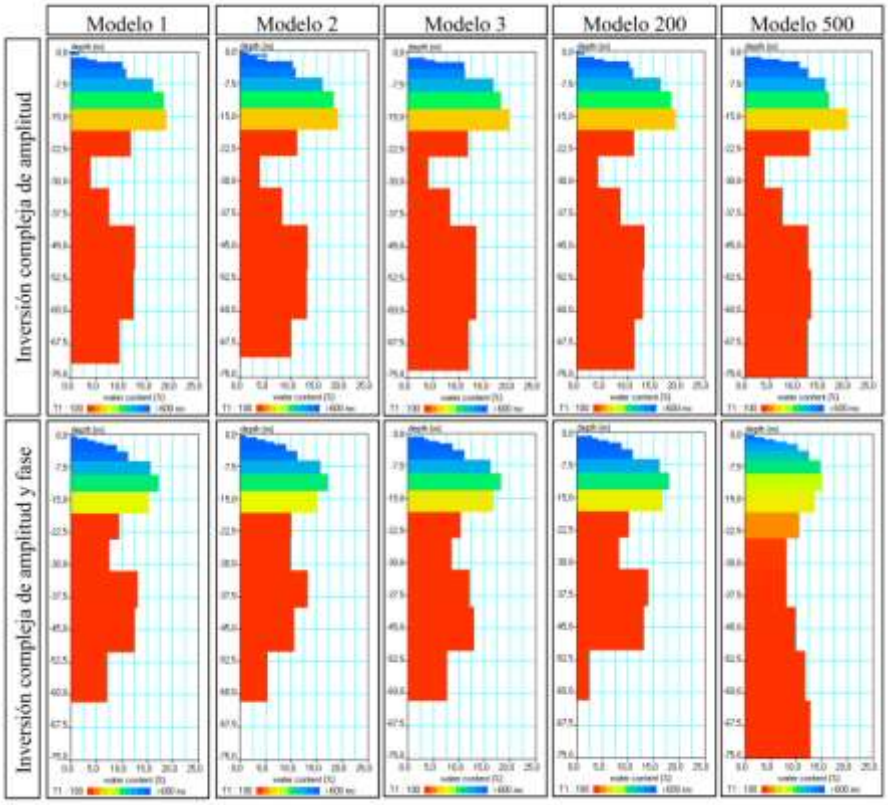


Figura 32: Resultados de las inversiones complejas generadas a partir de diferentes matrices

13.3 Respecto el reprocesamiento de los SRM

Al igual que en el apartado anterior las conclusiones aquí expuestas son obtenidas de los trabajos aquí realizados no pretendiendo ser conclusiones generales del Método de Sondeos de Resonancia Magnética.

Los SRM reprocesados no muestran siempre el comportamiento descrito para el SRM 8060; por lo que se podría deducir que el ajuste menor a los datos para valores de pulso altos mostrado por la V11CAF puede ser debido a la propia estructura del suelo con lo que podría quedar comprobada la utilidad de este tipo de inversión a la hora de discernir sobre la presencia de armónicos de la señal que generan la aparición de acuíferos profundos en zonas sin posibilidad de ello. A pesar de lo expuesto en este párrafo sería conveniente la realización de estudios en zonas controladas para comprobar el comportamiento de las inversiones de SAMOVAR 11.

En general los valores de contenido en agua y T2* generados en las inversiones realizadas con SAMOVAR 11 parecen mostrar semejanza con los generados con la versión anterior, no obstante la V11A de SAMOVAR 11 es la que presenta un mayor parecido con la inversión V6.

Los valores de T1 mostrados por las inversiones de SAMOVAR 11 siempre han sido menores que los mostrados por la inversión V6. En varias inversiones realizadas con SAMOVAR 11 aparecen valores anómalos superiores a 1 500 ms, pareciendo estar acompañada de la existencia de valores anómalos en la fase de FID 2. Se intentó resolver esto al no utilizar los pulsos que mostraban valores anómalos en la fase de FID 2 quedando una fase más homogénea tal y como aparece en la figura 31 donde

para el SRM IV-2-4b se anularon una serie de pulsos mejorando la presencia de la fase. Tal y como se ve en la figura los ajustes generados por las inversiones no sufrieron ningún efecto en este caso a pesar de anular los pulsos.

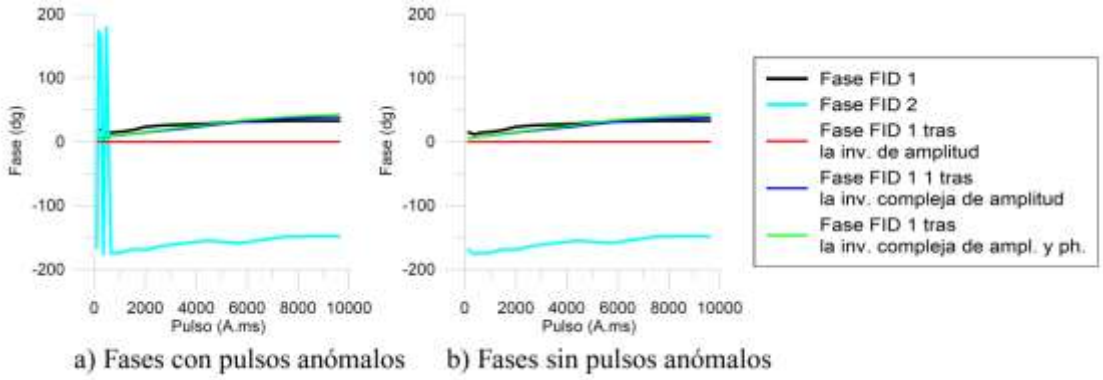


Figura 33: Resultado en el gráfico de fases al anular los pulsos anómalos para FID 2

No obstante la anulación de los pulsos no mostró el comportamiento esperado tal y como se muestra en la figura 32 donde son observables las curvas de contenido en agua, T1 y T2* para las inversiones realizadas sin pulsos anómalos (líneas discontinuas) y las realizadas con pulsos anómalos (líneas continuas). No se produjo el descenso de los tiempos de T1 a niveles menores al máximo, llegando en algunos casos a tener el efecto contrario. T2* ha mostrado un comportamiento parecido, mientras que para el gráfico de contenido en agua las curvas resultantes entre la inversión sin anular los pulsos anómalos y la inversión anulándolos. Esto parece indicar la no dependencia de los valores anómalos presentes en T1 con los valores anómalos presentes en la fase de FID 2, no obstante se debería estudiar la aparición de estos máximos, conocer la influencia que tienen en los resultados y la forma de minimizarlos.

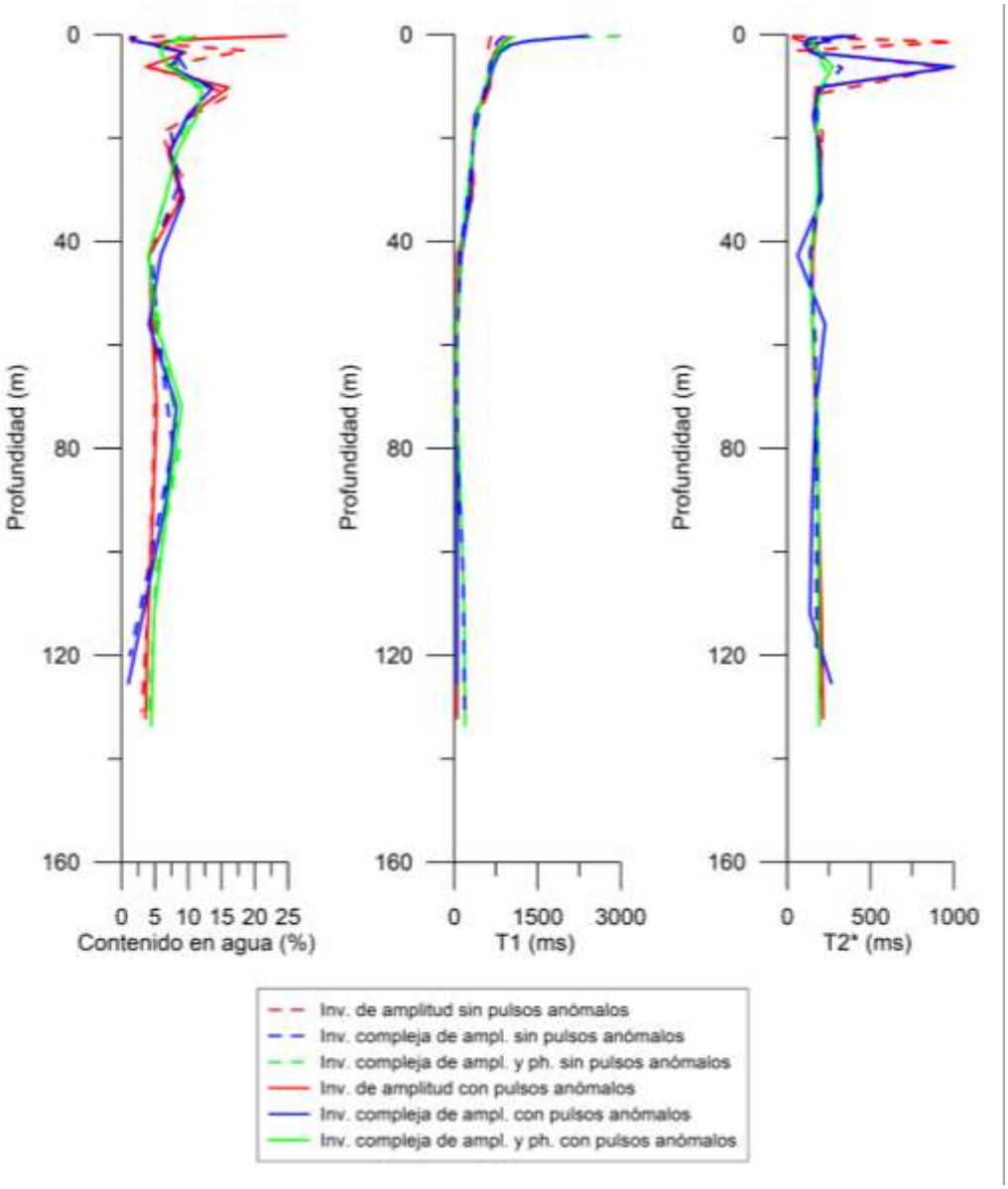


Figura 34: Comparativa entre inversiones anulando los pulsos anómalos para FID 2 y sin anularlos.

14 Bibliografía

- DÍAZ-CURIEL, J., BIOSCA, B., ARÉVALO, L. y PLATA, J.L. (2011): "Development of field techniques for improving MRS quality in shallow investigations". Near Surface Geophysics 9, pp 113-121.

- IGME (2007): "Magnetic Resonance Sounding a reality in applied Hydrogeophysics". Boletín Geológico y Minero 118(3). Madrid.

- KNÖDEL, K., LANGE, G. y VOIGT, H. (2007): Environmental Geology. Springer. Berlín.

- LEGCHENKO, A. *et al*. (1997): "Natural variations in the magnetic resonance signal used in PMR groundwater prospecting from the surface". European Journal of Environmental and Engineering Geophysics 2, pp 173-190.

- LEGCHENKO, A. y SHUSHAKOV, O.A (1998): "Inversion of surface NMR data". Geophysics vol. 63, No. 1, pp 75-84.

- LEGCHENKO, A. y VALLA, P. (2002): "A review of the basic principles for proton magnetic resonance sounding measurements". Journal of Applied Geophysics 50, pp 3-19.

- LECHENKO, A. (2004): "Magnetic Resonance Sounding: Enchanced Modeling of a Phase Shift". Applied Magnetic Resonance 25, pp 621-636.

- LUBCZYNSKI, M. Y ROY, J. (2003): "Hydrogeological interpretation and potential of the new magnetic resonance sounding (MRS) method". Journal of Hydrology 283, pp 19-40.

- LUBCZYNSKI, M. Y ROY, J. (2004): "Magnetic Resonance Sounding: New Method for Ground Water Assessment". GROUND WATER vol. 42, No. 2, pp 291-303.

- MONKHE, O. y YARAMANCI, U. (2002): "Smooth and block inversion of surface NMR amplitudes and decay times using simulated annealing" Journal of Applied Geophysics 50, pp 163-177

- MONKHE, O. y YARAMANCI, U. (2008): "Pore size distributions and hydraulic conductivities of rocks derived from Magnetic Resonance Sounding relaxation data using multi-exponential decay time inversion". Journal of Applied Geophysics 66, pp 73-81.

- PLATA TORRES, J.L. y RUBIO SÁNCHEZ-AGUILILLA, F.M. (1998): Informe sobre el ensayo del equipo NUMIS (RMN) realizado en Arcos de la Frontera en Mayo de 1998. IGME. Tres Cantos (Madrid)

- PLATA TORRES, J.L. y RUBIO SÁNCHEZ-AGUILILLA, F.M. (2002): "MRS ecperiments in a noisy area of detrital aquifer in the south of Spain". Journal of Applied Geophysics 50, pp 83-94

- PLATA TORRES, J.L. *et al.* (2004): Investigación de parámetros hidrodinámicos y geométricos en acuíferos aluviales de la Cuenca del Ebro mediante sondeos de resonancia magnética. IGME. Tres Cantos (Madrid).

- PLATA TORRES, J.L. *et al.* (2004): Análisis de los sondeos de resonancia magnética efectuados con el equipo HYDROSCOPE. Informe final. Memoria. IGME. Tres Cantos (Madrid).

- PLATA TORRES, J.L. y RUBIO SÁNCHEZ-AGUILILLA, F.M. (2007): Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-marismas (Doñana, Huelva). IGME. Tres Cantos (Madrid).

- PLATA TORRES, J.L. *et al.* (2009): Uso de MRS para la obtención de parámetros hidráulicos y su implementación en la modelización de aguas subterráneas: Aplicación en el acuífero superficial de los Arenales (Cuenca del Duero) y en el aluvial de la Vega Media (Cuenca del Segura). CIALE, ETSIM, IGME e ITC.

- PLATA TORRES, J.L. *et al.* (2010): Interpretación integrada de SRM, perfiles eléctricos y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca). IGME. Tres Cantos (Madrid).

- RUBIO, F.M. (2001): Investigación hidrogeológica con Sondeos de Resonancia Magnética: Aplicación a la caracterización de acuíferos detríticos. IGME, Tres Cantos (Madrid).

- SCHIROV M. *et al.* (1991): "New direct non-invasive groundwater detection technology for Australia". Exploration Geophysics 22, pp 333-338.

- TRUSHKIN, D.V. *et al.* (1994): "The potencial of a noise-reducting antenna for surface NMR groundwater surveys in the earth's magnetic field". Geophysical Prospecting 42, pp 855-862.

- TRUSHKIN, D.V. *et al.* (1995): "Surface NMR applied to an electroconductive medium". Geophysical Prospecting 43, pp 623-633.

- VOUILLAMOZ, J.M. *et al.* (2007): "Hydrogeological experience in the use of MRS". Boletín Geológico y Minero, 118(3), pp 531-550.

- WALBRECKER, J.O. *et al.* (2011): "Off-resonance effects in surface nuclear magnetic resonance". Geophysics vol. 76, No. 2, pp G1-G12.

EVOLUCIÓN DEL SOFTWARE DE INVERSIÓN DE SRM Y PROPUESTA DE BASE DE DATOS

DOCUMENTO 2: ESTUDIO ECONÓMICO

1 Estudio Económico

En la realización de este proyecto fin de carrera se ha precisado la participación de un ingeniero para supervisar los trabajos realizados y del alumno autor de este proyecto, asimilado a un técnico, el cual se ha encargado del desarrollo de todo el proyecto y de la redacción de este documento. El desglose de gastos aparece en la tabla 1.

Tabla 1: Desglose de los gastos de este proyecto

Gastos por personal				
Personal	coste por hora (€/h)	Horas al mes	Número de horas	Coste total (€)
Ingeniero	70	10	120	8400
Técnico	30	80	960	28800
Otros gastos				
Licencias de programas				1000
Gastos de oficina				300
TOTAL				**38.500 €**

EVOLUCIÓN DEL SOFTWARE DE INVERSIÓN DE SRM Y PROPUESTA DE BASE DE DATOS

DOCUMENTO 3: ANEXOS

ANEXO A: Instrumentación y procesado de SRM

1 Instrumentación

1.1 Introducción

En esta sección se exponen de los principales instrumentos de medida empleados en la realización de SRM. Pueden verse en la figura 8, de izquierda a derecha HYDROSCOPE, NUMIS Plus y GMR, sin tener en cuenta los magnetómetros los cuales son necesarios para calcular la frecuencia de Larmor de la zona de estudio. En la tabla 3 se resumen las principales características de cada uno de los instrumentos que se exponen en este capítulo

Tabla 3: Resumen de instrumentación

Instrumento	$q_{máx}$ (A.ms)	Prof. de Inves.(m)	Número de canales	Ruido interno (nV/sqrt(Hz))	Tiempo muerto (ms)	Modular
NUMIS^{LITE}	6000	50	1	10	40	✓
NUMIS^{PLUS}	18000	150	1	10	40	✓
NUMIS^{POLY}	24000	150	4	10	40	✓
GMR	24000	150	4	0,3-0,5	5-8	✓
HYDROSCOPE	20000	150	1	¿?	40	X

FUENTE: IRIS Instruments, Vista Clara Inc. y Plata; Rubio; Kalneus (2004)

Figura 8: Imágenes de instrumentaciones.

1.2 HYDROSCOPE

Primer instrumento concebido para la realización de sondeos de resonancia magnética. Creado hacia 1978 por el Instituto de Cinética Química y Combustión (ICKC) de la Academia Rusia de las Ciencias de Novosibirsk. Prácticamente sólo se ha utilizado en Rusia, por lo que, tanto la información sobre el desarrollo del instrumento a lo largo del tiempo como la información técnica del mismo son escasas.

La instrumentación presenta tres módulos montados en un bastidor:

- Módulo superior, de comandos donde se introducen los parámetros de la medición.
- Módulo central, constituido por cuatro paneles, dos de ellos son las unidades de convertidores
- Módulo inferior, de suministro de energía

HYDROSCOPE utiliza una antena formada por un cable de unos 314m de longitud formada por cuatro cables independientes, no siendo necesario un ordenador externo para el control de la medida (salvo para guardar los archivos de la medida) aunque es posible, mediante modificaciones internas, conectar un ordenador para controlar al registro utilizando para ello un programa externo a HYDROSCOPE.

Emite 28 momentos, generando un fichero resultado en el que, para los 28 momentos, aparecen los valores de E0, ES, EM y EL, diferencia de frecuencia, fase y ruido, obteniendo en vez de la amplitud máxima, la descomposición de esta en tres, con constantes de tiempo de 40, 100 y 200 ms correspondientes a materiales con alto grado en arcillas, arena fina y arena media-gruesa respectivamente:

$$e(t) = ES\,\mathrm{e}^{(\frac{-t}{40})}\sin(\omega_0 t + f_i) + EM\,\mathrm{e}^{(\frac{-t}{100})}\sin(\omega_0 t + f_i) + EL\,\mathrm{e}^{(\frac{-t}{200})}\sin(\omega_0 t + f_i)$$

Del proceso de inversión seguido por el software del HYDROSCOPE se encuentra poca información, desconociendo los parámetros necesarios y utilizados en la misma, al igual que se desconoce el proceso de la inversión.

1.3 GMR

Instrumento desarrollado por la compañía Vista Clara INC. en 2008, sucesor del GeoMRI de la misma compañía, mejorando la facilidad de transporte al estar diseñado en módulos. Presenta el menor tiempo muerto (5-8 ms), lo que permite una mejora en el estudio de zonas no saturadas, zonas con altos contenidos en arcillas y en zonas con alta susceptibilidad magnética, además, al igual que el NUMISPOLY, presenta la posibilidad de utilizar hasta cuatro canales y con ello la posibilidad de realizar configuraciones de antena capaces de mitigar el ruido en el registro, o de realizar secciones en 2D. El proceso de toma de datos, procesado de los mismos e inversión se realiza mediante un software propio de Vista Clara INC., no conociendo el proceso que sigue la inversión.

1.4 NUMIS

Desarrollado en 1995 por un acuerdo entre el ICKC, la Bureau des Recherches Géologiques et Minères (BRGM) de Francia y la compañía IRIS Instruments también francesa.

En la actualidad existen tres tipos de equipos NUMIS disponibles: NUMIS^{PLUS}, NUMIS^{LITE} y NUMIS^{POLY}, siendo los dos primeros monocanales y el tercero policanal (cuatro canales). Los tres equipos se presentan en forma de módulos para aumentar la facilidad de transporte y el manejo, no obstante presentan características distintas entre si, siendo las más importantes:

- Mayor profundidad de penetración de NUMIS^{PLUS} y NUMIS^{POLY}

- Posibilidad de adquisición en 2D con el NUMIS^{POLY} gracias a los cuatro canales que presenta, o la adquisición en 1D con el mismo equipo pero utilizando los otros canales para mejorar la relación S/R

En los equipos NUMIS la toma de datos se lleva a cabo mediante la conexión del instrumento a un ordenador y la utilización del software facilitado por IRIS Instruments (ProDiviner), en el cual se pueden seleccionar todos los parámetros de la medida desde el sistema de ventanas del programa.

NUMIS utiliza una curva exponencial e(t) para definir la envolvente de la señal (tal y como se ha descrito en la base física del método), también determina el valor de E_0, T2* y la fase de la señal, presentando un tiempo muerto entre el final del pulso y el comienzo de la medición de unos 40 ms, lo que imposibilita la identificación de capas con tiempos de decaimiento menores, ya sea por la menor presencia de agua (zona vadosa), por tener alto contenido en finos, por valores altos de conductividad,…

Después de la toma de datos se realiza la inversión de los mismos mediante el programa SAMOVAR, proporcionado también por IRIS Instruments, que sigue el método de regularización de Tikhonov, siendo necesario introducir para la inversión: el fichero de datos obtenidos, una matriz (función de la antena, frecuencia de Larmor, inclinación del campo geomagnético, valor máximo de q y el modelo de resistividades eléctricas del terreno), los parámetros de la regularización, el tipo de filtro que se quiere utilizar (estos filtros no transforman los datos de partida) y posibilita el introducir un modelo hidrogeológico para mejorar la convergencia de la inversión.

1.5 Criterios para la validez de la señal

Inmediatamente después de realizar un SRM en campo es conveniente realizar una serie de comprobaciones para cerciorarse de la validez de la medición para ello se pueden utilizar los criterios siguientes:

1.- Después de realizar el stacking la curva de señal debe ser mayor que la curva de ruido.

2.- La primera parte de la curva de la señal tras el stacking debe ser mayor que la segunda parte de dicha curva.

3.- La frecuencia principal de la señal debe ser similar a la frecuencia que se ha utilizado, si la diferencia es mayor o menor a 1 Hz es conveniente repetir el sondeo.

4.- Si después del stacking no aparece señal de resonancia magnética puede ser causada por:

- La frecuencia de Larmor utilizada no es la correcta.
- El ruido electromagnético presente supera a la señal.
- Presencia de rocas magnéticas.
- Ausencia de agua.

1.6 Pasos prácticos para la realización de un SRM

En este apartado se hará un resumen de los principales pasos a seguir para la realización de un SRM de forma general:

1.- Medición de los niveles de ruido en la zona por medio de la antena de test (antena cuadrada de 6,25 m de lado y 20 vueltas). Para estimar el valor de ruido que aparecerá

en la antena del SRM, será necesario hacer un ratio entre el área de la antena del SRM y el área de la antena de test (781,25 m^2) con el valor de ruido registrado por la antena de test.

2.- Mediciones del campo geomagnético se realizarán varias abarcando el área que abarcará la antena, con el fin de establecer la frecuencia de Larmor del lugar y controlar las variaciones laterales del campo geomagnético; dichas variaciones deberán estar comprendidas entre ± 20 nT equivalentes a ± 1 Hz (por regla general) para realizar unas medidas fiables.

3.- Mediciones de susceptibilidad magnética, con el fin de tener una idea del comportamiento magnético del subsuelo y por tanto de la posible influencia de éste sobre el SRM. En general:

a) $\chi < 10^{-3}$ SI : medidas buenas.
b) $10^{-3} < \chi < 10^{-2}$ SI: medidas regulares.
c) $\chi > 10^{-2}$ SI: no se registra señal.

4.- Preparar la antena conforme a la profundidad del objetivo, teniendo en cuenta la influencia del tipo de antena, orientación de la misma para mitigar el ruido,…

5.- Realizar un SRM preliminar con un número reducido de stacking para confirmar la presencia de señal, la correcta sintonización de la antena con la frecuencia de Larmor existente, la correcta orientación de la antena, niveles aceptables de ruido, número de stacking necesario y el tipo de filtrado.

6.- Realizar el SRM completo, el cual debería ser óptimo gracias al o los SRM preliminares que se han realizado hasta encontrar la mejor configuración del equipo.

7.- Comprobar las curvas de relajación para cada pulso y la curva final del sondeo. En caso necesario se repetirían los pulsos con exceso de ruido o que no se han registrado correctamente por motivos aleatorios.

2 Procesado de datos e inversión

2.1 Opciones de procesado de datos y filtrado

2.1.1 Registro estándar del instrumento NUMIS

En cada registro realizado por NUMIS lo que primero se realiza es un registro del ruido ambiente existente en la zona teniendo así una estimación del nivel de ruido posible durante el registro de la señal proveniente de los protones de hidrógeno. Tras esto, se lanza el pulso, el cual presenta una amplitud y un pulso determinados por el usuario después, puesto que en la versión más general del NUMIS la antena transmisora es la misma que la receptora, se necesita un tiempo para que la antena pase de un estado a otro y para que el pulso cese completamente, ya que la señal no cesa de forma inmediata a este tiempo se le denomina tiempo muerto, siendo característico de la instrumentación.

Una vez superado el tiempo muerto el instrumento empieza a registrar, registrando de forma conjunta la señal propiamente dicha y el ruido ambiental. El hardware de NUMIS

realiza de forma inicial un filtrado de 100 Hz en torno a la frecuencia de Larmor que ha introducido el usuario para hacer el registro. Después la señal se va digitalizando con un muestreo temporal con una frecuencia igual a cuatro veces la frecuencia de Larmor y se mide la envolvente de la señal mediante un detector síncrono con un filtro pasa-baja de 100 Hz de paso después la frecuencia de muestreo se fija a 500 Hz.

2.1.2 Procesamiento de una señal de SRM con ruido electromagnético

2.1.2.1 Ruido electromagnético casi constante

En este caso es necesario aumentar la relación señal/ruido por medio del apilamiento de señales, dando una igual importancia a cada señal registrada, obteniendo finalmente las señales: $X(t) = \sum_{i=1}^{n} X_i(t)/n \qquad Y(t) = \sum_{i=1}^{n} Y_i(t)/n$

Si el ruido electromagnético no presenta correlación, la relación S/N se incrementa en $\sqrt{n}$ siendo n el número de señales apiladas.

2.1.2.2 Ruido electromagnético variable en el tiempo

En este caso se realiza un apilamiento pero con pesos variables para cada señal que se apila, dando un peso mayor a las señales que presentan menores niveles de ruido, para ello se define un estimador de ruido:

$$s_i^2 = \frac{1}{\Delta T}\int_0^{\Delta T} (X_i(t)^2 + Y_i(t)^2)dt$$

Donde ΔT hace referencia a la ventana de observación.

A cada señal se le dará un peso $\eta_i = 1/s_i^2$, con lo que las señales registradas serán las medias ponderadas a partir de los pesos η_i :

$$X(t) = \sum_{i=1}^{n} \eta_i X_i(t) / \sum_{i=1}^{n} \eta_i$$

$$Y(t) = \sum_{i=1}^{n} \eta_i Y_i(t) / \sum_{i=1}^{n} \eta_i$$

2.1.2.3 Picos de ruido

Un pico de ruido se define como un aumento brusco de la señal, de corta duración pero que puede ser de gran amplitud. Si la duración del pico es inferior al tiempo de la señal del SRM se puede realizar una corrección, que consiste en marcar un valor de amplitud máximo que en caso de ser superado podrá o detener el registro o en el tratamiento posterior borrar una parte del registro, no obstante, al ser sucesos discontinuos temporalmente al llevar a cabo el apilamiento se reduce su efecto en el registro

2.1.2.4 Ruido industrial

Este apartado hace referencia especialmente al ruido generado por las líneas de alta tensión, las cuales al ser conductores lineales de gran longitud actúan como si se tratarán de antenas electromagnéticas, aportando gran cantidad de ruido a los registros.
Por lo general, al realizar la transformada de Fourier de la señal de SRM registrada el ruido generado por las líneas de tensión se traduce en picos situados en los armónicos de la frecuencia de las líneas de tensión (50 Hz, 60 Hz) por lo que tendremos picos en frecuencias tales que: $\upsilon(Hz) = n \cdot 50$ $\upsilon(Hz) = n \cdot 60$
Donde n es un número entero que identifica el armónico de la señal.

Es necesario realizar un control de este tipo de ruido especialmente si la frecuencia de Larmor que se va a utilizar en el SRM se encuentra cercana a algún armónico de la frecuencia de la línea de tensión. Para mitigar este efecto se puede:

- Variar el tipo de antena utilizado: una antena en forma de ocho dispuesta de forma paralela al tendido eléctrico consigue una reducción del ruido,…
- Utilizar filtros notch que se definirán en el siguiente apartado.

2.1.3 Técnicas de filtrado de la señal

2.1.3.1 Sustracción de bloques

En esta técnica de filtrado se asume la presencia de ruido como parte principal de la señal, por lo que también el stack de la señal es predominantemente ruido. El funcionamiento de esta técnica consiste en seleccionar una parte del registro previo a la emisión del pulso. Dicha parte será un registro de ruido únicamente, y confrontarla con una parte de la señal registrada que tenga la misma longitud temporal que la muestra de ruido. Ambas partes deberán ser lo más parecidas posibles para alcanzar niveles de precisión adecuados.

2.1.3.2 Sustracción sinusoidal

En esta técnica se estima la señal que generan los armónicos de las líneas de alta tensión y se restan del registro de la señal.

2.1.3.3 Filtro notch

El filtro notch se centra en la eliminación de los armónicos que producen las líneas de alta tensión. Consiste en realizar un corte de un ancho de ± 1 Hz alrededor de cada armónico por tanto en caso de estar cerca el espectro de la señal y del armónico al utilizar un filtrado de este tipo se puede perder parte de la señal. Se estima que a partir de una separación de 4 Hz entre el espectro de la señal y del armónico la utilización del filtro notch para eliminar este último no influye en la señal registrada.

ANEXO B: Estimación de parámetros hidrogeológicos con SRM

1 Estimación de parámetros hidrogeológicos a partir de un SRM

1.1 Introducción

Los SRM proporcionan una nueva forma de caracterización de acuíferos, presentando claras ventajas tanto con respecto a otros métodos geofísicos como con los ensayos de bombeo:

a) Es un método no invasivo.
b) Consume menos tiempo y es más barato que realizar sondeos y ensayos de bombeo.
c) Proporciona información en función de la profundidad discriminando capas.
d) La información obtenida caracteriza una zona mayor que en un ensayo de bombeo.
e) El impacto ambiental de un SRM es mucho menor que el de un ensayo de bombeo.

En cambio, los ensayos de bombeo presentan la ventaja de observarse directamente la información, además a partir de un SRM los datos son obtenidos de forma indirecta, y el método de SRM presenta, a día de hoy, una serie de desventajas:

a) No se puede llevar a cabo en zonas con baja relación señal/ruido.
b) En zonas con altos gradientes magnéticos es difícil o imposible realizar un SRM.
c) Se debe llevar a cabo una correspondencia entre el SRM y ensayos de bombeo o modelos para poder definir completamente el acuífero.

1.2 Porosidades.

1.2.1 Porosidad (n):

$$n(\%) = \frac{V_s}{V_v} \cdot 100$$

Donde: Vs es el volumen de sólidos.
Vv es el volumen de huecos.

1.2.2 Porosidad efectiva (n_e):

La porosidad efectiva hace referencia a la parte del medio por la que un fluido puede circular, por tanto hace referencia a la mayor o menor conexión entre sí de los poros del material. La porosidad efectiva es mayor para mayores tamaños de grano y buena clasificación, y menor para tamaños finos y mal clasificados.

1.3 Coeficientes de almacenamiento y su relación con SRM

1.3.1 Coeficiente de rendimiento específico (S_y):

Es la relación entre el volumen de agua de un acuífero que puede ser liberado por fuerzas gravitacionales con respecto el volumen de agua total que presenta el acuífero. Es utilizado para estimar la posibilidad y capacidad de extracción de agua en un

acuífero, para calcular la recarga,…Es dependiente del tipo de roca, tamaño de poro, textura y tamaño de grano. Se obtiene a partir de ensayos de bombeo piezométricos.

1.3.2 Coeficiente de almacenamiento elástico (S_e):

Es el volumen de agua que se puede liberar en un acuífero confinado cuando este pasa a libre, debido a la compresibilidad del esqueleto sólido y del agua:

$$S_e = S_s \Delta z$$

Donde Δz es el espesor del acuífero.
S_s es el almacenamiento específico.

$$S_s = \rho g(\alpha + n\beta)$$

Donde ρ es la densidad del agua.
g es la aceleración de la gravedad.
α es compresibilidad del esqueleto sólido.
n es la porosidad del acuífero.
β es la compresibilidad del agua.

1.3.3 Coeficiente de drenaje específico (S_d):

Es la relación entre el volumen de agua que potencialmente se podría liberar de un acuífero confinado por fuerzas gravitacionales si el nivel piezométrico desciende por debajo de la capa confinante. Cuando al acuífero confinado pasa a libre S_d es igual a S_y.

1.3.4 Coeficiente de retención específica (S_r):

Es la relación entre el volumen máximo de agua que un material puede retener tras la liberación de toda el agua posible por fuerzas gravitacionales con respecto el volumen de material.

1.3.5 Acuífero libre:

Acuífero cuya superficie superior se encuentra a presión atmosférica, coincidiendo por tanto el nivel freático (nivel de saturación en el terreno) con el nivel piezométrico (nivel al que ascendería el agua hasta alcanzar la presión atmosférica). Para el acuífero libre se define el coeficiente de almacenamiento libre Su: $S_u = S_y + S_e$ siendo Se despreciable, por tanto: $S_u \cong S_y$.

1.3.6 Acuífero confinado:

Acuífero cuya superficie superior no se encuentra a presión atmosférica, sino a una presión superior, con lo que el nivel freático y el piezométrico no coinciden, mientras este último esté por encima del límite superior del acuífero. Para el acuífero confinado se define el coeficiente de almacenamiento confinado S_c:

$$S_c = S_d + S_e$$

En un acuífero confinado prevalece S_e sobre S_d, por tanto, $S_c \cong S_e$, si se comienza la extracción del agua hasta que el nivel piezométrico alcanza el límite superior dicha relación se cumple, una vez sobrepasado este límite se crean condiciones no confinadas, haciendo aumentar S_d y disminuir S_e, pasando a ser S_d=S_y ya que las condiciones pasan a no confinadas.

1.3.7 Contenido en agua libre (θ_f):

Es el porcentaje de agua que no se encuentra ligada por fuerzas de atracción a las partículas sólidas, lo que posibilita su separación mediante fuerzas gravitacionales o mediante gradientes hidráulicos, con respecto el volumen total de roca.

1.4 Obtención de coeficientes de almacenamiento a partir de parámetros SRM

Inicialmente se asume que el contenido en agua libre es igual al contenido en agua medido en el SRM, $\theta_f \cong \theta_{SRM}$. En un medio saturado se cumple que la porosidad es igual al agua libre más al agua molecular por tanto se puede asumir que $n \cong n_e \cong \theta_f$ ya que en los acuíferos detríticos la cantidad de agua molecular es muy pequeña, al igual que la cantidad de agua atrapada en poros sin conexión, en comparación con el contenido en agua libre, esta simplificación es dependiente del tipo de roca (rocas de grano fino presentan mayor superficie y por tanto una mayor cantidad de agua molecular y de poros no interconectados).

En la zona saturada θ_f es igual a la porosidad efectiva más la porosidad no efectiva. Por todo lo dicho anteriormente se puede decir que: $\theta_{SRM} \cong n$, permitiendo calcular S_y:

$$S_y = \theta_{SRM} - S_r$$

Sr no puede ser estimado directamente con los datos de un SRM, por lo que algunos autores propusieron (Vouillamoz *et al.*, 2007) simplificar la fórmula anterior:

$$S_y = C_y \cdot \theta_{SRM}$$

Donde C_y es un factor de proporcionalidad proveniente de los datos S_y de provenientes de ensayos de bombeo. Una vez obtenido C_y, éste se puede utilizar para obtener S_y a partir de θ_{SRM}, siempre y cuando sea el mismo tipo de roca y en las mismas condiciones hidrogeológicas para las cuales se obtuvo inicialmente C_y.

Para el caso de acuíferos confinados el almacenamiento elástico tampoco se obtiene directamente del SRM, sino que se estima con la ecuación:

$$S_e = \rho g(\alpha + \theta_{SRM}\beta)\Delta z_{SRM}$$

Donde Δz_{SRM} es la potencia de la capa obtenida con el SRM.

El drenaje específico Sd es medible de forma directa por SRM, estimándolo con: $S_d = \theta_{SRM} - S_r$. S_d es similar a S_y, pero no hace referencia de forma directa a la cantidad de agua extraíble, ya que en nivel piezométrico debe descender por debajo de la capa confinante del acuífero.

Por último se puede obtener la columna hidrostática de agua libre a partir del SRM: $H_w = \theta_{SRM} \Delta z_{SRM}$. Proporciona una estimación volumétrica de la cantidad de agua libre con respecto la profundidad, por lo que es útil en la comparativa de acuíferos.

1.4.1 Verificaciones de los parámetros de almacenamiento a partir de un SRM

Los parámetros de almacenamiento que se pueden obtener a partir de un SRM se pueden clasificar en dos grupos:

1.- Estimados directamente a partir del SRM:
- Porosidad
- Porosidad efectiva
- Almacenamiento específico
- Almacenamiento elástico
- Columna hidrostática de agua libre

2.- No estimados directamente a partir del SRM:
- Rendimiento específico
- Drenaje específico
- Retención específica

La razón de esta clasificación radica en la necesidad de verificar ciertas presunciones que se realizan a la hora de obtener los distintos parámetros; así habrá una forma de verificación para los parámetros del grupo 1, y otras para los parámetros del grupo 2.

1.4.1.1 Verificaciones grupo 1

Se debe verificar la presunción realizada de: $\theta_{SRM} \cong n_e$, para ello hay distintas formas:

1) Consultando en tablas o en bibliografía que compare el valor de θ_{SRM} con el de n_e.

2) Tomar muestras de suelo o roca de donde se ha realizado el SRM y obtener en laboratorio el valor de n_e. Presenta el inconveniente de estar afectado por la escala, que en este caso es mucho menor que en el SRM.

3) Mediante ensayos con trazadores. Presenta la ventaja de no estar afectado por la escala, al ser un ensayo representativo de un volumen similar al del SRM.

4) Combinando el ensayo con trazadores con la calibración de un modelo de transporte advectivo-dispersivo.

1.4.1.2 Verificaciones grupo 2:

En este caso la relación a verificar es que se cumple:

$$S_{y(d)} + S_r \cong \theta_{SRM} .$$

Donde $S_{y(d)}$ hace referencia a S_y (acuífero libre) o a S_d (acuífero confinado) según convenga.

1) Muestreo de suelo/roca de la zona del SRM y determinación en laboratorio de S_y. Al igual que en la verificación del grupo 1, está afectada por la escala, además de por posibles variaciones en la muestra.

2) Ensayos de bombeo, presenta buena exactitud, además de ser representativo de un volumen similar al que estudia el SRM.

3) A partir de un modelo numérico de flujo de aguas subterráneas, que puede incluir como entrada de datos los ensayos de bombeo. Ésta forma es la más exacta de las tres.

1.5 Obtención de parámetros de flujo a partir de parámetros SRM

1.5.1 Permeabilidad (k):

Capacidad de un material de ser atravesado por un fluido. Por tanto la permeabilidad de un material requiere que sus poros estén interconectados. Partiendo de la presunción $\theta_{SRM} \cong n$, se ha llegado a definir en laboratorio:

$$k = cn^b T_d^2$$

Donde: c y b son factores dependientes de la litología.
n es el valor de porosidad obtenido en el SRM.
Td es el tiempo de decaimiento.

Esta fórmula proviene de estudios empíricos realizados en laboratorio, además es variable para cada litología, por lo que necesita una comparación y calibración previa entre los resultados del SRM y ensayos de bombeo para averiguar los valores de los coeficientes y aceptar o rechazar la estimación realizada.

1.5.2 Conductividad hidráulica (K):

la diferencia entre permeabilidad y conductividad viene dada por tener en cuenta la viscosidad, entre otras cuestiones, por lo que representa, en forma de velocidad, la facilidad o no de un fluido de atravesar un sólido.

$$K = C_k \theta_{SRM}^a T_d^2$$

Donde a y C_k son factores dependientes de la litología, y por tanto del medio geológico en el que se hayan formado

1.5.3 Transmisividad (T):

Representa la cantidad de agua por unidad de longitud transversal a la dirección de flujo que puede fluir horizontalmente en un acuífero saturado.

$$T = bK$$

Donde: b es el espesor del acuífero saturado
K es la conductividad hidráulica

Esta fórmula se puede re-escribir utilizando la fórmula anterior de K, y generalizando para un acuífero saturado multicapa:

$$T_{SRM} = C_T \int_{\Delta z} \theta_{SRM}^{t} T_d^2 dz$$

Donde: C_T y t son coeficientes dependientes de la litología.
Δz hace referencia a la potencia total del acuífero multicapas.

Aproximando la integral podemos decir:

$$T_{SRM} = C_T \sum_{i=1}^{n} (\Delta z_{SRMi} \theta_{SRMi}^{t} T_{di}^2)$$

Donde: Δz_{SRMi} es la potencia de la capa i-ésima resultante de la inversión del SRM.

θ_{SRMi}^{t} es el contenido en agua de la capa i-ésima resultante de la inversión . del SRM elevado a un exponente t función de la litología.

T_{di}^2 es el tiempo de decaimiento para la capa i-ésima resultante del SRM elevado al cuadrado.

Para la obtención de los parámetros c, b, C_k, a, C_T y t es necesario realizar una comparación entre valores obtenidos en el SRM y ensayos de bombeo de la misma zona de ensayo.

ANEXO C: Pautas del manejo de Samovar 11

1 Principales pautas del manejo del software SAMOVAR 11

El paquete de software de inversión para datos procedente de sondeos de resonancia magnética SAMOVAR 11 presenta una serie de aplicaciones en las que se mejoran aspectos de velocidad y opciones con respecto versiones anteriores, apareciendo además nuevas aplicaciones que antes no existían. Las aplicaciones que conforman el paquete son:

1.1 SAMOVAR COMPUTING

Programa para la realización de la matriz necesaria para la inversión de los datos de un SRM, con respecto la versión anterior mejora la velocidad de generación de la matriz, la posibilidad de realizar varias matrices seguidas y la posibilidad de generar morfologías de antena distintas a las típicas, teniendo en cuenta la orientación espacial y la pendiente del terreno. Puesto que en el reprocesamiento no vamos a generar matrices nuevas, sino que utilizaremos las generadas y empleadas en las inversiones de los SRM de los informes, no realizaremos ninguna explicación de este programa.

1.2 SAMOVAR 1D INVERSION

Este programa realiza la inversión, es necesario introducir un archivo formato .inp proveniente del programa Prodiviner, que se genera con el SRM, y la matriz generada para ése SRM, existen otros parámetros y opciones que, debido a los objetivos de este trabajo, serán más desarrollados a continuación. No permite mostrar inversiones realizadas con anteriores versiones.

1.3 SAMOVAR MODELING

Esta aplicación permite generar modelos del subsuelo con el fin de utilizar información *a priori* en la inversión del SRM, lo que reduce el grado de incertidumbre mejorando por tanto los resultados, así mismo en el mismo programa se puede introducir un modelo e irlo ajustando a los datos de forma manual y automática, esta aplicación al ser utilizada para las inversiones *a priori* se explicará con mayor profundidad.

1.4 SAMOVAR CONVERTER

Este programa facilita la conversión de secciones 2D de SRM a datos legibles por el programa Surfer.

1.5 SAMOVAR 3D

Permite la realización de estudio en tres dimensiones a partir de SRM.

2 SAMOVAR 1D INVERSION

Como se ha indicado con anterioridad se va a proceder de una forma superficial a describir las opciones y el funcionamiento de este programa.

El programa se divide en dos partes:

2.1 La ventana de opciones

- File: en esta sección se tiene acceso a inversiones ya realizadas, a señales y a las opciones de impresión y guardado de los gráficos resultantes.

- Run: Sólo presenta la opción de "run inversion" en la que nos surge una ventana nueva para generar la inversión, esta ventana por tener gran cantidad de información y al ser la parte más importante del programa se explicará se forma independiente más adelante.

- Configuration: hace referencia a la posición relativa de los gráficos en la pantalla, esta posición se puede guardar y cargar en el futuro si se quiere mantener una determinada distribución de los gráficos.

- Graphics: en esta sección podemos elegir los gráficos que queremos que salgan en las ventanas de gráfico que están abiertas.

- Windows: aquí se pueden abrir nuevas ventanas de gráfico si así lo deseamos, desde esta sección además se puede acceder a la barra de control de los gráficos.

- Help: no existe ayuda para el programa como tal, sino que el usuario es el que tiene la posibilidad de generar el mismo su propia ayuda redactándola él mismo y teniéndola disponible siempre.

2.2 Las ventanas gráficas

Aparecen los resultados para los parámetros que se hayan seleccionado en la sección "Graphics" de la ventana de opciones. Respecto a lo que aparece en esta ventana los únicos comentarios posibles son acerca de la posibilidad de variar los límites de los ejes de los gráficos de forma individualizada utilizando la barra de control de gráficos, el resto de controles de dicha barra son para la selección de gráficos, que se puede realizar por esta vía o en la sección de "Graphics" tal y como se ha indicado antes. Tras realizar la inversión, o cargar una anteriormente realizada, se pueden seleccionar los límites de los ejes de los gráficos y exportar la imagen de cualquier gráfico o de toda la configuración de los gráficos que aparece en pantalla. Respecto la posición de los

gráficos he de comentar que la distribución de las pantallas en el programa con su homóloga exportada en imagen puede variar, siendo necesario realizar un trabajo de colocación de los gráficos, exportación y comprobación para conseguir un buen resultado gráfico final, y guardar el producto final como una configuración (sección "Configuration") para poder utilizarla cuando se quiera.

Una vez expuestas las partes del programa se va a realizar una exposición de la ventana de inversiones, figura 1, comentando las distintas partes y opciones que presenta. La ventana de configuración de la inversión se divide en distintas secciones:

2.2.1 Data set

Se introduce la localización de la matriz que se utilizará en la inversión (NUMIS linear filter) y de los datos del SRM (NUMIS data).

2.2.2 Data view

Permite ver las caracteríticas principales de la matriz introducida y de los datos, además en la opción blacklist se pueden anular pulsos que sean erróneos o que contengan excesivo ruido,…

2.2.3 Signal processing

Se selecciona si se va a utilizar un filtro pasabanda de un ancho de banda a nuestra elección o un filtro de suavizado el cual actúa generando la media de los datos en un ancho de banda determinado, es necesario seleccionar una de las dos opciones. Se pueden seleccionar la longitud en milisegundos del registro y la introducción de un salto de fase estático. Otras opciones seleccionables hacen referencia al filtro notch para 50 Hz o para 60 Hz y si la señal que debe eliminar el notch está entre 2 Hz y 10 Hz de la frecuencia de Larmor empleada (opción "narrow") o a más de 10 Hz (opción "wide"), en caso de una distancia entre la señal a eliminar y la frecuencia de Larmor menor de 2 Hz se desaconseja la utilización de este filtro al eliminar parte de la propia señal. El último parámetro seleccionable hace referencia al filtrado de una frecuencia determinada, especialmente útil cuando se presenta un ruido que no es armónico ni de 50 Hz ni de 60 Hz.

2.2.4 Inversion

Procedemos a la selección de los parámetros de la inversión tales como si la optimización la deseamos hacer a partir sólo de los valores de amplitud, a partir de los valores de amplitud teniendo en cuenta que es una señal compleja o los valores de amplitud y fase de la señal compleja. Se puede seleccionar también si se desea que la inversión sea suavizada (opción smooth) o por bloques (opción blok). En el apartado de selección de señal para la inversión se seleccionará FID 1+FID 2 para un SRM normal o SE si se ha realizado spin echo, en nuestro caso todas las inversiones son FID 1+FID 2. Después se selecciona el modelo de capas, automático o manual, en esta parte podemos introducir un modelo previamente generado con el programa

2.2.5 Modeling

Se puede seleccionar un valor para T2 estimado, esta estimación no presenta importancia aunque el los manuales del software no aparece cuál es su función, al igual que ocurre con la opción de “lab.data”, se desconoce su función exacta al igual que sus efectos, pero puesto que nuestros datos son de campo y no de laboratorio esta opción carece de importancia. Las últimas opciones seleccionables hacen referencia a los valores de regularización que se requiere para la solución tal y como se ha visto en la parte explicativa del método de SRM, la constante de permeabilidad sólo se debe colocar si se conoce obteniéndose a partir de ensayos de bombeo en la zona o partir de los propios datos de SRM tal y como muestran algunas fuentes.

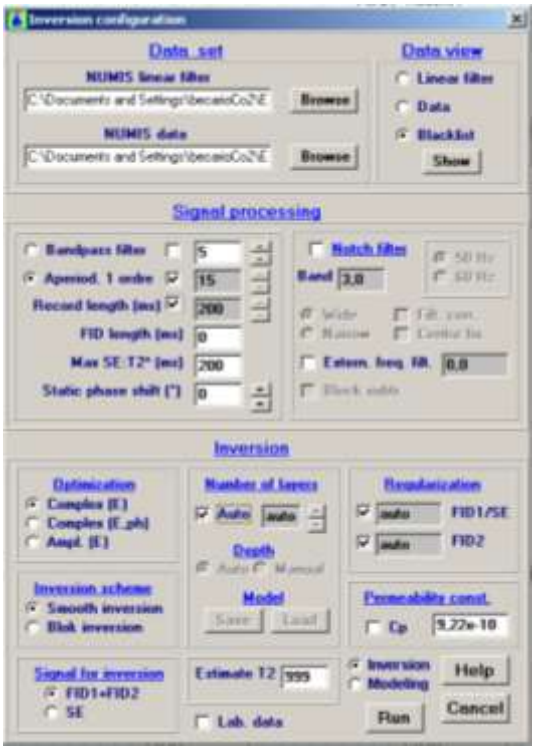


Figura 1: Ventana de configuración de la inversión de SAMOVAR 11

3 SAMOVAR MODELING

Tal y como se ha comentado ya, este programa permite la realización de modelos para reducir el grado de incertidumbre de la inversión. En la explicación que proponemos en esta sección sólo haremos referencia a las herramientas de este programa que se han utilizado en la realización de este trabajo.
La ventana de trabajo se encuentra dividida en tres módulos, figura 2 uno superior en el que aparecen dos gráficos uno de la amplitud de la señal en función del pulso y el otro la fase de la señal en función del pulso, y dos partes inferiores, en la izquierda se pueden introducir los datos del SRM a modelar y la matriz de dicho SRM, más abajo existe una herramienta denominada “data fit” que proporciona un ajuste de un modelo introducido por nosotros, proporcionando así mismo los errores de ajuste. En el módulo e la derecha se puede introducir el modelo de capas de la zona de estudio.

Para la realización de los modelos existen dos variantes, una es que conozcamos las capas acuíferas del modelo y el resto sea desconocido, o conocer las capas impermeables del SRM. En el primer caso el modo de proceder es introducir en el

módulo de modelo las capas acuíferas conocidas, generarlo con la opción “make” guardándolo con el nombre que queramos y al realizar la inversión cargar este modelo.

En el otro caso, inicialmente se realiza una inversión de los datos en modo automático y acto seguido se realiza de nuevo la inversión de los datos pero cambiando el número de capas a manual y pulsando la opción “save”, procediendo a denominar el modelo como queramos. El siguiente paso es en el programa de modelado cargar el modelo generado tras la inversión mediante la opción “load” del módulo de modelado, una vez cargado aparecerán las capas generadas por la inversión en la pantalla, lo único que se deberá hacer será trabajar con los límites de las capas de forma que, entre las profundidades donde sabemos que no existe acuífero, no exista ninguna capa definida, en otras palabras, si sabemos de la existencia de una capa impermeable entre los metros diez y veinte debemos trabajar el modelo de capas generado en la inversión para que entre los metros diez y veinte no haya datos en el modelo, al no haber datos el programa de inversión lo tomará como una espesor nulo tanto de cantidad de agua como en tiempos de decaimiento,…

Estas opciones deberán manejarse con cuidado puesto que no siempre se tiene la información necesaria para definir completamente como impermeable una capa, por lo que proponemos introducir en el modelo los límites de todas las capas y que el programa ajuste en esos límites los valores de cantidad de agua, tiempos de decaimiento,…indicar además que si no se tiene información de las capas hasta la profundidad máxima del SRM, se va a producir una inversión falsa ya que va a ajustar los parámetros para las capas que se han introducido, olvidándose de lo que ocurre a más profundidad, tomando la diferencia entre la profundidad máxima del sondeo y la profundidad máxima del modelo como si se tratase de una capa impermeable sin contenido alguno en agua.

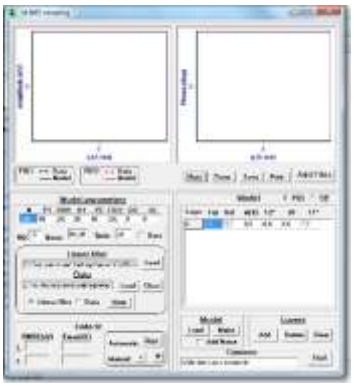


Figura 2 Ventana de SAMOVAR MODELING

ANEXO D: Inventario de los SRM realizados por el IGME

SRM provenientes de: "*Informe sobre el ensayo del equipo NUMIS (RMN) realizado en Arcos de la Frontera en Mayo de 1998*"

SRM	Fecha	T	Antena	f(Hz)	q	Stack	Ruido (nV)	B (nT)	S/R	Coord. SRM UTM H30 ED50			Nº informe	Localización
										X	Y	Z		
Test_09	19/05/1998	T2*	Ocho cuadrado 80m	1818,4	10	100	540	42705	5,22	246719	4060250		40472	Arcos de la Frontera (Cádiz)
Test_15	20/05/1998	T2*	Ocho cuadrado 40m	1818,2	10	50	100	42701	2,61	246719	4060250		40472	Arcos de la Frontera (Cádiz)
Test_25	21/05/1998	T2*	Ocho cuadrado 80m	1818,2	10	50	400	42701	4,54	246156	4060719		40472	Arcos de la Frontera (Cádiz)
Test_32	21/05/1998	T2*	Ocho cuadrado 80m	1818,4	10	150	2200-3000	42705	2,09	246969	4061422		40472	Arcos de la Frontera (Cádiz)
Test_41	21/05/1998	T2*	Ocho cuadrado 80m	1818,5	10	50	280	42707	2,8	244063	4061906		40472	Arcos de la Frontera (Cádiz)

SRM provenientes de: "*Investigación hidrogeológica con Sondeos de Resonancia Magnética: Aplicación a la caracterización de acuíferos detríticos*"

SRM	Fecha	T	Antena	f(Hz)	q	Stack	Ruido (nV)	B (nT)	S/N	Coord. SRM UTM H30 ED50			Nº informe	Localización
										X	Y	Z		
Castellón1	20/11/2001	T1	ocho c. 37,5	1889,9	16	196	2000	44384,6876	2,03	751306	4422103		62486	Castellón
Castellón2	21/11/2001	T1	cuadrado 150m	1890	16	64	4150	44387,0362	5,12	750961	4421090		62486	Castellón
Castellón3	23/11/2001	T1	cuadrado 150m	1890	16	48	1200	44387,0362	16,72	751196	4420690		62486	Castellón
Castellón4	21/11/2001	T1	cuadrado 150m	1890	16	64	2000	44387,0362	6,43	751385	4419982		62486	Castellón
Castellón5	22/11/2001	T1	cuadrado 150m	1890	16	48	950	44387,0362	12,1	751644	4419285		62486	Castellón
Castellón6	23/11/2001	T1	cuadrado 150m	1890	16	60	2300	44387,0362	3,1	750945	4418586		62486	Castellón
Castellón7	22/11/2001	T1	cuadrado 150m	1890	13	48	16000	44387,0362	1,42	751055	4417354		62486	Castellón

SRM provenientes de: "*Investigación de parámetros hidrodinámicos y geométricos en acuíferos aluviales de la Cuenca del Ebro mediante sondeos de resonancia magnética*"

SRM	Fecha	T	Antena	f(Hz)	q	Stack	Ruido (nV)	B (nT)	S/N	Coord. SRM UTM H30 ED50			Nº informe	Localización
										X	Y	Z		
7004	30/09/2002	T1	ocho de 50m	1928	16	64	628	45257	1,89	501964	4691871	730	62797	Río Oja (La Rioja)
7007	30/09/2002	T1	ocho de 50m	1924	16	96	380	45193	1,77	502234	4693136	645	62797	Río Oja (La Rioja)
7014	01/10/2002	T1	Círculo 75m	1928	16	32	172	45275	1,15	502233	4696335	680	62797	Río Oja (La Rioja)
3026	01/10/2002	T1	ocho de 50m	1926	16	196	3770	45219	0,63	505297	4698221	640	62797	Río Oja (La Rioja)
3368	02/10/2002	T1	ocho de 37,5m	1927	16	64	250	45246	1,06	504313	4697956	648	62797	Río Oja (La Rioja)
3264	02/10/2002	T1	ocho de 50m	1926	16	64	135	45233	4,25	502616	4700533	619	62797	Río Oja (La Rioja)
3264n	03/10/2002	T1	ocho de 50m	1928	16	64	609	45282	1,52	502616	4700533	619	62797	Río Oja (La Rioja)
8060	03/10/2002	T1	ocho de 50m	1927	16	96	350	45254	4,09	506293	4707413	538	62797	Río Oja (La Rioja)
3142	04/10/2002	T1	ocho de 50m	1929	16	96	250	45294	2,07	504145	4704376	575	62797	Río Oja (La Rioja)
4067	04/10/2002	T1	ocho de 50m	1927	16	96	185	45255	1,55	505633	4702817	588	62797	Río Oja (La Rioja)
SGOP1	19/09/2002	T2	ocho de 75m	1905	16	64	3940	44749	2,38	642338	4526210	910	62797	Río Jiloca (Teruel)
TE15	20/09/2002	T1	ocho de 75m	1905	15	64(96)	2500	44717	0,87	643560	4523159	954	62797	Río Jiloca (Teruel)
TE34	20/09/2002	T2	ocho de 75m	1905	16	32(48)	1500	44767	0,89	643900	4518800	980	62797	Río Jiloca (Teruel)
TE11	23/09/2002	T2	ocho de 75m	1906	16	32	800	44744	0,76	643820	4520063	960	62797	Río Jiloca (Teruel)
VI2	23/09/2002	T1	ocho de 75m	1904	15	64	2700	44716	1,14	640203	4510307	959	62797	Río Jiloca (Teruel)
TE19	24/09/2002	T2	círculo de 100m	1906	16	64	1950/3000	44734	0,81	636963	4521447	954	62797	Río Jiloca (Teruel)
TE45	24/09/2002	T1	ocho de 75m	1903	14	64	300	44655	2,52	641436	4506413	963	62797	Río Jiloca (Teruel)
TE44	25/09/2002	T1	ocho de 75m	1903	16	64	250/3320	44622	1,42	641848	4503627	967	62797	Río Jiloca (Teruel)
TC36(Te04)	25/09/2002	T1	ocho de 50m	1900	16	32	16	44613	3,61	643588	4496593	975	62797	Río Jiloca (Teruel)
TE42	25/09/2002	T1	ocho de 75m	1903	15	36	400	44651	1,55	639731	4501155	980	62797	Río Jiloca (Teruel)
TE26	26/09/2002	T1	ocho de 75m	1906	14	48	422	44734	7,93	643133	4526427	924	62797	Río Jiloca (Teruel)
TE27	26/09/2002	T1	ocho 50m	1906	16	64	1900	44742	3,22	642188	4527455	910	62797	Río Jiloca (Teruel)

SRM	Fecha	T	Antena	f(Hz)	q	Stack	Ruido (nV)	B (nT)	S/N	Coord. SRM UTM H30 ED50			Nº informe	Localización
										X	Y	Z		
ca1032	10/10/2002	T1	ocho de 50m	1921	16	64	4400	45123	0,7	652237	4627923	225	62797	Río Cabañas (Cabañas de Ebro, Zaragoza)
ca1034	11/10/2002	T1	ocho de 50m	1922	16	128	7000	45128	0,73	650995	4628418	222	62797	Río Cabañas (Cabañas de Ebro, Zaragoza)
P3	07/10/2002	T1	ocho de 75m	1915	16	160-96	1452	44982	1,87	639084	4594475	361,5	62797	Río Jalón (Cariñena, Zaragoza)
P7	07/10/2002	T 1	Círculo de 150m	1914	16	64-96	1400	44944	2,7	641760	4593838	376	62797	Río Jalón (Cariñena, Zaragoza)
P4	08/10/2002	T1	Círculo de 150m	1914	13	93	3100	44954	2,72	641147	4595556	369,5	62797	Río Jalón (Cariñena, Zaragoza)
P8	08/10/2002	T1	Círculo de 150m	1915	15	68-128	6000	44972	1,53	643386	4594044	348,4	62797	Río Jalón (Cariñena, Zaragoza)
P9	09/10/2002	T1	Círculo de 150m	1915	16	64-128	3400	44992	0,56	640088	4587973	455,6	62797	Río Jalón (Cariñena, Zaragoza)
P15	09/10/2002	T1	ocho de 75m	1914	16	44	400	44946	1,42	647311	4585509	491,3	62797	Río Jalón (Cariñena, Zaragoza)
P10	10/10/2002	T1	Círculo de 150m	1915	15	64	399	44982	1,41	642079	4588540	442,4	62797	Río Jalón (Cariñena, Zaragoza)
1027	27/09/2002	T1	ocho de 75m	1922	11	108	14000	45108	1,6	68771	4628721		62797	Río Gállego (Zaragoza)

SRM provenientes de: "*Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-marismas (Doñana, Huelva)*"

SRM	Fecha	T	Antena	f(Hz)	q	Stack	Ruido (nV)	B (nT)	S/R	Coord. SRM UTM H29 ED50			Nº informe	Localización
										X	Y	Z		
IV-2-4	18/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1833,6	16	36	2376	43042	7,46	717011	41127496		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-1-5	19/10/2005	T1	Ocho 75m	1834	16	48	1700	43055	8,01	717120	4113648		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-1-5b	19/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1833	16	48	3657	43033	7,17	717054	4113375		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-1-5c	19/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1833	16	48	2998	43030	8,5	716967	4113041		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-4b	20/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1834	16	48	867	43059	27,03	716840	4112436		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-6b	20/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1834	16	36	475	43048	23,18	716729	4112078		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-7	20/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1833	16	36	354	43019	30,37	716876	4111701		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-7b	20/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1834	16	24	320	43052	40,49	716596	4111458		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-7c	21/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1835	16	24	317	43066	39,47	716513	4111101		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-3-3	21/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1834	16	24	347	43053	27,58	716651	4110849		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-3-3b	21/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1834	16	24	384	43053	23	716664	4110447		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-3-6	21/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1834	16	24	509	43044	25,5	716561	4110205		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-3-6b	21/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1833	16	24	528	43035	33,05	7164489	4109899		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-3-6c	24/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1835	16	24	284	43067	46,61	716196	4109699		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-4-3	24/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1834	16	24	436	43052	41,72	716157	4109456		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-1	24/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1833	16	24	263	43029	28,17	715613	4113041		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-2	24/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1833	20	24	466	43030	20,86	716113	4113068		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-3	25/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1834	20	20/24	1448	43044	8,22	716608	4112982		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-3b	28/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1834	16	20	629	43054	21,89	716502	4112536		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-9	27/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1833	16	24	255	43019	18,3	715719	4111967		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-11b	28/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1834	16	16	288	43053	27,38	715805	4112529		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-8	28/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1834	16	16	313	43050	30,88	716399	4112048		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-5-6	25/10/2005	T1	Ocho 75m	1833	16	24	2078	43018	7,69	718668	4111804		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-5-2	26/10/2005	T1	Ocho 75m	1834	16	36	1700	43055	5,17	718891	4112757		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-5-1	26/10/2005	T1	Ocho 75m	1834	16	48	4959	43043	2,67	718435	4113078		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)

SRM	Fecha	T	Antena	f(Hz)	q	Stack	Ruido (nV)	B (nT)	S/R	Coord. SRM UTM H30 ED50			Nº informe	Localización
										X	Y	Z		
IV-6-2	27/10/2005	T1	Cuadrado 150m	1834	16	36	1864	43058	7,03	720949	4111712		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-6-1	27/10/2005	T1	Ocho 75m	1834	16	30	338	43043	7,55	720447	4111828		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)
IV-2-5b	25/10/2005	T1	Ocho 75m	1833	16	60	6160	43041	2,99	717878	4112186		63428	Cerca de El Rocío (Huelva)

SRM provenientes de: "*Uso de MRS para la obtención de parámetros hidráulicos y su implementación en la modelización de aguas subterráneas: Aplicación en el acuífero superficial de los Arenales (Cuenca del Duero) y en el aluvial de la Vega Media (Cuenca del Segura)*"

SRM	Fecha	T	Antena	f(Hz)	q	Stack	Ruido (nV)	B (nT)	S/N	Coord. SRM UTM H30 ED50			Nº informe	Localización
										X	Y	Z		
PN	25/03/2009	T2	Ocho de 30m	1864,6	16	256	1000-3000	43770	0,94	660700	4205780	45	63790	Murcia
ZM	26/03/2009	T2	cuadrado 60m	1861,5	16	96	1800-2300	43697	1,99	672660	4210870	32	63790	Murcia
PG 01	21/04/2009	T1	cuadrado 60m	1912	16	64	450-650	44877	2,21	283510	4569270	874	63790	Cerca de Fuentesaúco (Zamora)
PG 02	27/04/2009	T1	Ocho de 30m	1911	16	120	550-650	44875	2,07	287380	4571645	790	63790	Cerca de Fuentesaúco (Zamora)
PG 03	30/04/2009	T1	cuadrado 60m	1911	16	96	400-550	44882	3,25	282140	4570690	862	63790	Cerca de Fuentesaúco (Zamora)
PG 04	23/04/2009	T1	cuadrado 60m	1912	16	96	500-600	44905	1,86	288125	4573480	781	63790	Cerca de Fuentesaúco (Zamora)
P-7	21-29/04/2009	T1	cuadrado 60m	1911	16	96	375-475	44889	3,92	285286	4573040	809	63790	Cerca de Fuentesaúco (Zamora)
P-8	23/04/2009	T1	cuadrado 60m	1911	16	96	475-550	44881	2,12	285760	4567710	855	63790	Cerca de Fuentesaúco (Zamora)
H-9	28/04/2009	T1	cuadrado 60m	1912	16	96	450-550	44895	3,05	292850	4573650	745	63790	Cerca de Fuentesaúco (Zamora)
M-V	28/04/2009	T1	cuadrado 60m	1910	16	96	400-550	44875	1,68	288080	4569025	835	63790	Cerca de Fuentesaúco (Zamora)

SRM provenientes de: "*Interpretación integrada de SRM, perfiles eléctricos y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)*"

SRM	Fecha	T	Antena	f(Hz)	q	Stack	Ruido (nV)	B (nT)	S/R	Coord. SRM UTM H30 ED50			Nº informe	Localización
										X	Y	Z		
E1	12/08/2008	T1	Ocho 75m	1933,8	14	64-32	818	45405	1,11	791258	4658820	671	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E2	13/08/2008	T1	Cuadrado 75m	1935	16	64	231	45435	11,98	791672	4659784	672	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E3	13/08/2008	T1	Cuadrado 100m	1935	16	64	125	45422	3,74	791884	4659638	688	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E4	14/08/2008	T1	Ocho 75m	1927,5	16	32	215	45270	7,67	792642	4657524	618	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E5	14/08/2008	T1	Cuadrado 100m	1927	16	32	275	45255	4,7	793004	4657761	622	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E6	18/08/2008	T1	Cuadrado 100m	1934,5	16	64-44	246	45431	7,5	792296	4659579	683	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E7	18/08/2008	T1	Cuadrado 100m	1933,5	16	64	260	47408	2,38	792619	4659256	697	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E8	18/08/2008	T2	Cuadrado 50m	1934	16	64	146	45420	8,2	792593	4658959	678	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E9	19/08/2008	T1	Cuadrado 50m	1933,4	16	64	107	45406	4,47	792212	4658875	678	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E10	19/08/2008	T1	Cuadrado 100m	1933,2	16	64	311	45402	13,1	792079	4658727	677	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E11	19/08/2008	T1	Cuadrado 50m	1933,7	16	72-34	397	45414	1,77	791917	4658537	677	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E12	20/08/2008	T1	Ocho 75m	1933,5	16	64	280	45408	7,03	7913384	4659016	672	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E13	20/08/2008	T2	Ocho 75m	1933	12	96	3986	45410	1,09	791230	4658812	678	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E14	20/08/2008	T1	Cuadrado 50m	1934,5	16	56	212	45432	7,22	791994	4659249	676	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E15	21/08/2008	T1	Cuadrado 100m	1933,9	16	64	158	45418	4,78	791857	4659089	686	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E16	21/08/2008	T1	Cuadrado 150m	1932,5	16	96	650	45386	12,35	791688	4659092	672	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E17	21/08/2008	T1	Cuadrado 100m	1934,3	16	64	335	45428	6,46	791541	4659521	687	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)
E18	22/08/2008	T1	Cuadrado 100m	1935	16	76	390	45439	13,82	792384	4659337	687	63939	Lagunas de Estaña (Huesca)

ANEXO E: SRM de Doñana que no aparecen en la memoria

SRM IV-1-5

En la comparativa realizada para este SRM se ha podido observar una afinidad en las curvas de amplitud para el primer pulso presentando ligeras variaciones para las inversiones complejas. En cuanto al segundo pulso se ha observado un distanciamiento en las curvas de amplitud del segundo pulso entre la obtenida con la versión anterior del programa SAMOVAR y las provenientes de la versión SAMOVAR 11.

Ha existido un buen comportamiento de las fases al igual que un buen ajuste de la fase del primer pulso para las inversiones complejas, no obstante para los primeros pulsos han aparecido valores de la fase de FID 2 muy altos, lo que sería anómalo.

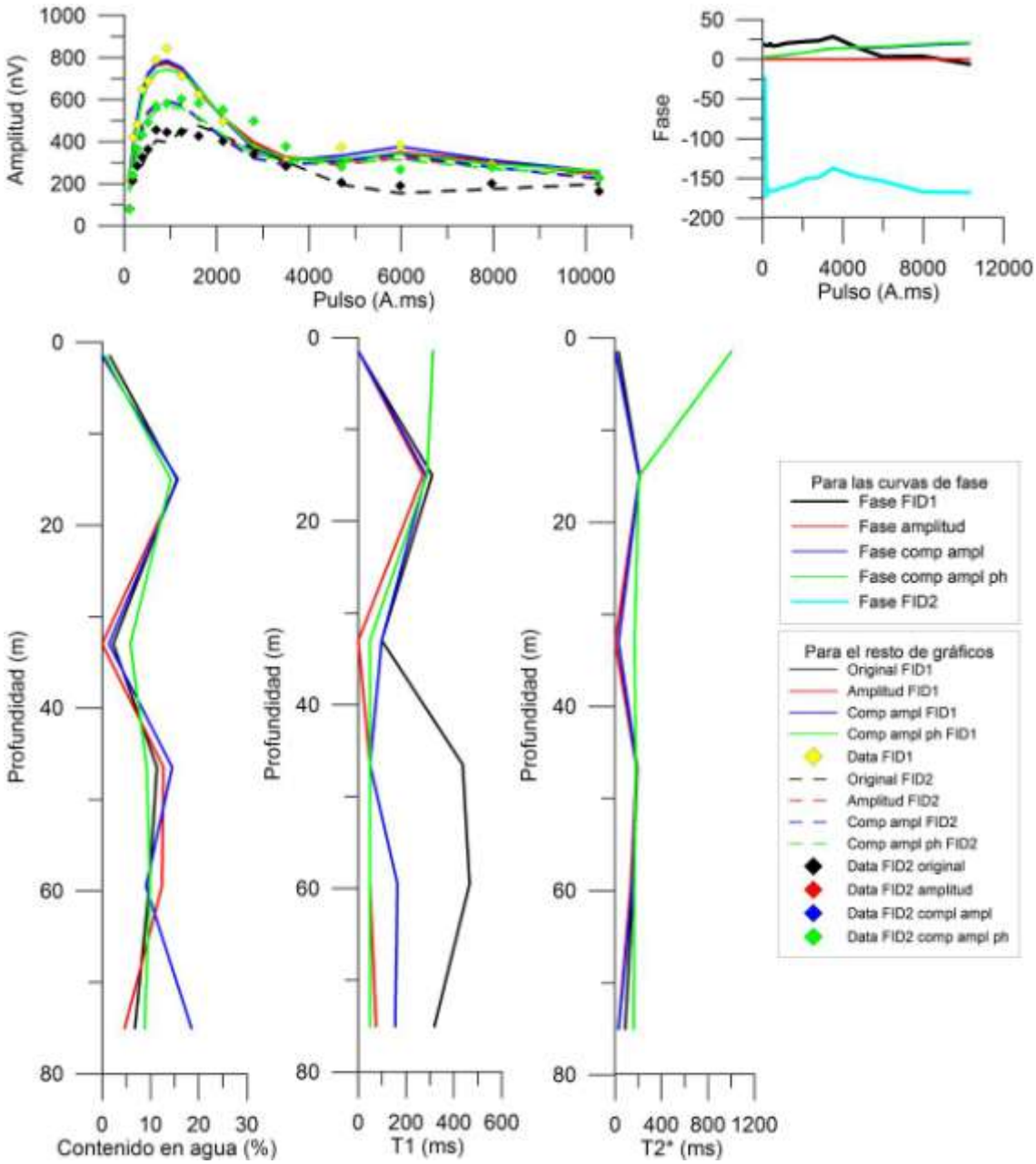
En cuanto a las curvas de cantidad de agua las cuatro curvas han presentado características parecidas, siendo mencionable únicamente un aumento al final de la curva compleja de amplitud que no concuerda con el resto. Respecto los valores de T1 han sido parecidos a la inversión inicial hasta una profundidad de unos treinta y dos metros, después los valores de la V6 han aumentado alejándose de las inversiones nuevas, comentar también que los valores de la V11CAF al principio del SRM no han concordado con el resto de inversiones.

Respecto a las curvas para T2* los resultados para todas las curvas han sido similares a excepción de la V11CAF que ha presentado valores distintos a poca profundidad presentando después una tendencia constante que desaparece en el resto de inversiones en torno a los treinta metros.

La inversión que ha mostrad menores errores de ajuste ha sido la V11A.

Inversiones del SRM IV-1-5

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-1-5 V11A	***5,17***	***12,25***	***34,62***	***67,10***
IV-1-5 V11CA	5,17	12,25	30,44	72,11
IV-1-5 V11CAF	5,17	12,25	42,76	62,21



Inversiones SRM IV-1-5

SRM IV-1-5c

En este SRM las curvas de amplitud de FID 1 para todas las inversiones, menos para la V11CAF, han coincidido. En el caso de la V11CAF esta ha presentado menores valores de amplitud máximos que el resto de curvas, mientras que para valores del pulso altos ha mostrado valores de amplitud mayores que el resto. El comportamiento que se ha descrito permanece para FID 2 con la excepción de un menor valor de la amplitud para la V6 como en los casos anteriores.

Respecto a las curvas de fase las inversiones complejas han presentado un ajuste correcto para FID 1. Se ha observado la aparición de valores de fase anómalos para FID 2 en los primeros pulsos del SRM.

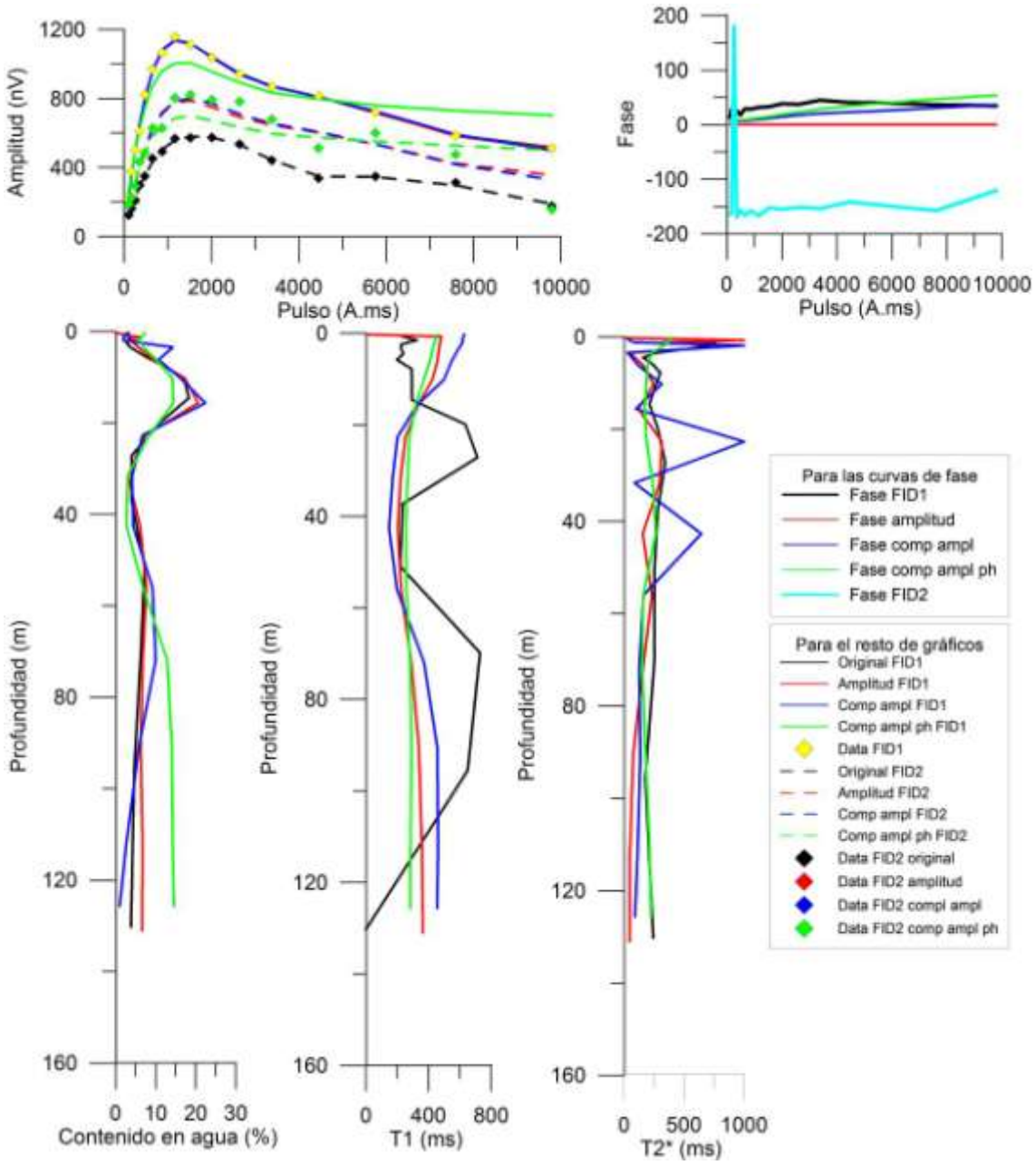
En cuanto a las curvas de cantidad de agua han presentado en general valores similares, a excepción de unos máximos que únicamente han aparecido en la curva de la V11CA y un máximo de la curva compleja de amplitud y fase que ha mostrado al final del SRM mayores niveles de cantidad de agua que el resto de inversiones.

Para la curva de T1 las diferencias entre las nuevas inversiones y la original han sido muy claras, variando en las nuevas tanto los valores máximos como las posiciones de los mismos. Las inversiones nuevas han mostrado valores superiores a 400 ms hasta los quince primeros metros de profundidad, reduciéndose luego hasta valores de unos 200 ms para a partir de sesenta metros mantenerse en unos 300 ms.

Para T2* se han podido observar picos de valores muy altos para profundidades someras, en el caso de la curva de V11CA han aparecido nuevamente máximos de hasta mil milisegundos, hasta una profundidad de sesenta metros. De todas las curvas la proveniente de la V11CAF ha sido la que presenta un mayor suavizado, al igual que en las curvas de T1. La inversión V11CA ha mostrado menores errores de ajuste que el resto.

Inversiones del SRM IV-1-5c

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-1-5c V11A	5,39	18,12	14,96	69,64
IV-1-5c V11CA	***5,39***	***18,12***	***16,54***	***62,85***
IV-1-5c V11CAF	5,39	18,12	90,73	112,48



Inversiones SRM IV-1-5c

SRM IV-2-1

Las curvas de amplitud de este SRM han presentado afinidad entre ellas para FID 1, nuevamente el máximo de amplitud de la V11CAF ha sido ligeramente inferior al resto, para valores de pulso altos han aparecido valores de amplitud ligeramente superiores para las inversiones complejas. Para FID 2 las curvas de las nuevas inversiones son parecidas, únicamente la curva de la V11A ha sido para pulsos altos ligeramente inferior al resto. Como en los anteriores casos la curva de FID 2 del original ha sido inferior respecto a las otras curvas.

Acerca de las curvas de fase no han aparecido valores anómalos ni para FID 1 ni para FID 2. El ajuste de las inversiones complejas no se ha adaptado a la forma de la fase de la señal para pulsos altos donde se ha producido un descenso de la fase de la señal que estas inversiones no han reproducido.

Para la cantidad de agua se ha producido una cierta similitud para las curvas de V11A y para la curva original, siendo esta similitud mayor con la profundidad. En cambio, para las inversiones complejas la cantidad de agua ha sido prácticamente opuesta a las otras dos curvas.

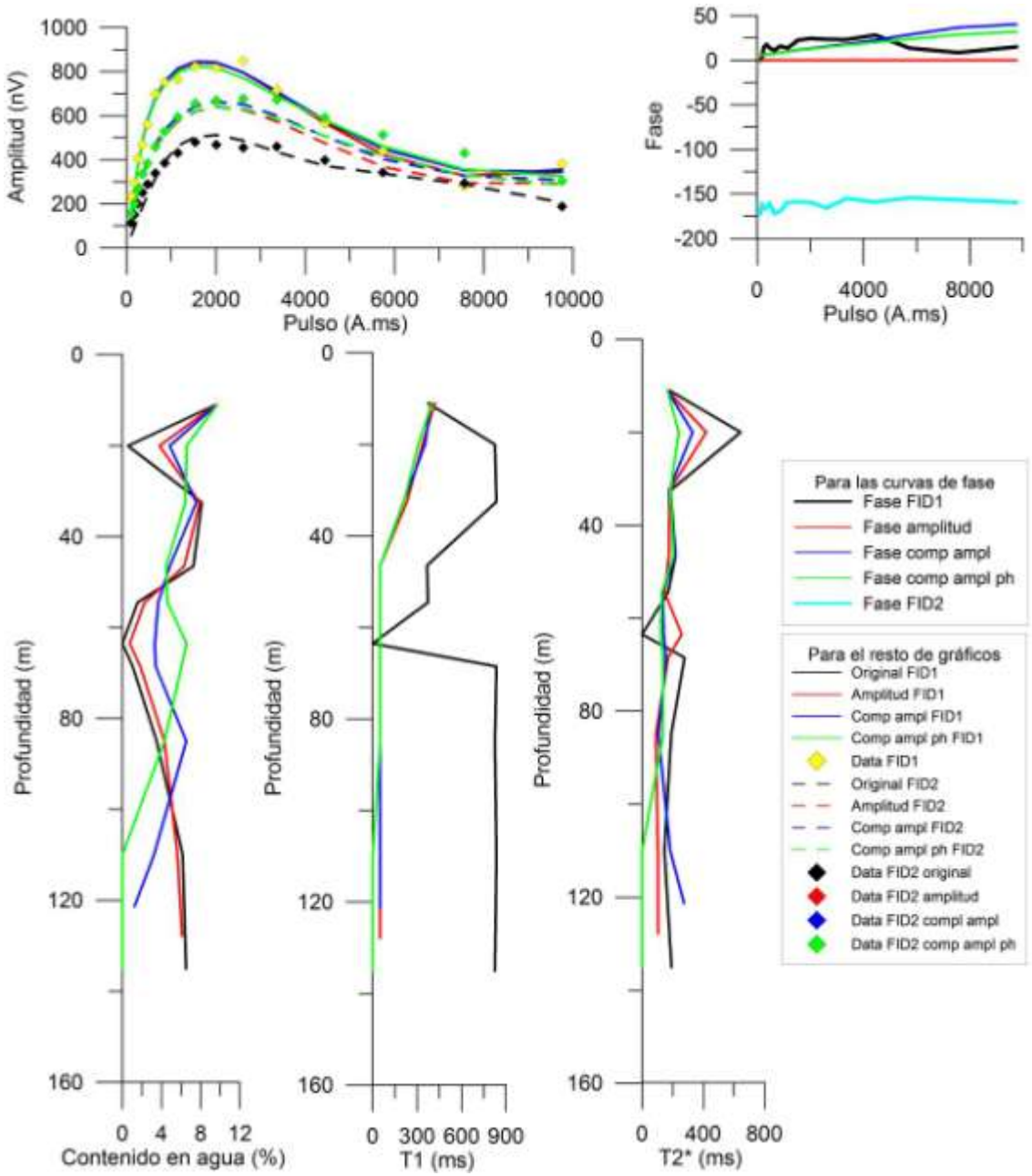
Para T1 las respuestas de las inversiones nuevas han sido menores que la de la V6, siendo valores bajos a partir de los 45 m, en contraposición con la V6 que ha mostrado valores cercanos a 900 ms a partir de una profundidad de setenta metros. Comentar que estos valores para T1 no son posibles puesto que corresponderían con cuerpos de agua libre.

Las curvas para T2* han sido semejantes a excepción de la zona entre 15 y 30 m donde la curva de T2* de la V6 ha tomado valores mayores al igual que en la curva de cantidad de agua. La otra variante importante ha sido un mínimo en la curva de V6 en torno a los 62 m que se corresponde con un mínimo en T1 y en la cantidad de agua para esta inversión. Los valores de T2* a partir de los 45 m han sido mayores que los de T1.

Respecto a la curva de las inversiones complejas indicar que han presentado menor desarrollo en profundidad que las otras dos inversiones. La inversión con menor error de ajuste ha sido la V11CA.

Inversiones del SRM IV-2-1

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-1 V11A	16,63	4,02	34,5	67,41
IV-2-1 V11CA	***16,63***	***4,02***	***36,49***	***49,8***
IV-2-1 V11CAF	16,63	4,02	40,83	51,63



Inversiones SRM IV-2-1

SRM IV-2-2

Las curvas de amplitud de FID 1 de este SRM se han asemejado distinguiéndose la curva de la V11CAF, la cual ha presentado valores ligeramente menores de amplitud. Para FID 2, las soluciones para las inversiones nuevas se han agrupado, mientras que la original ha mostrado valores menores de amplitud. La única curva que ha terminado en cero ha sido la curva de la V11CAF.

En las curvas de fase las inversiones complejas han realizado un buen ajuste a la primera parte de la fase de la señal FID 1, pero no en el descenso de la misma. Para FID 2 han aparecido valores anómalos al principio del SRM.

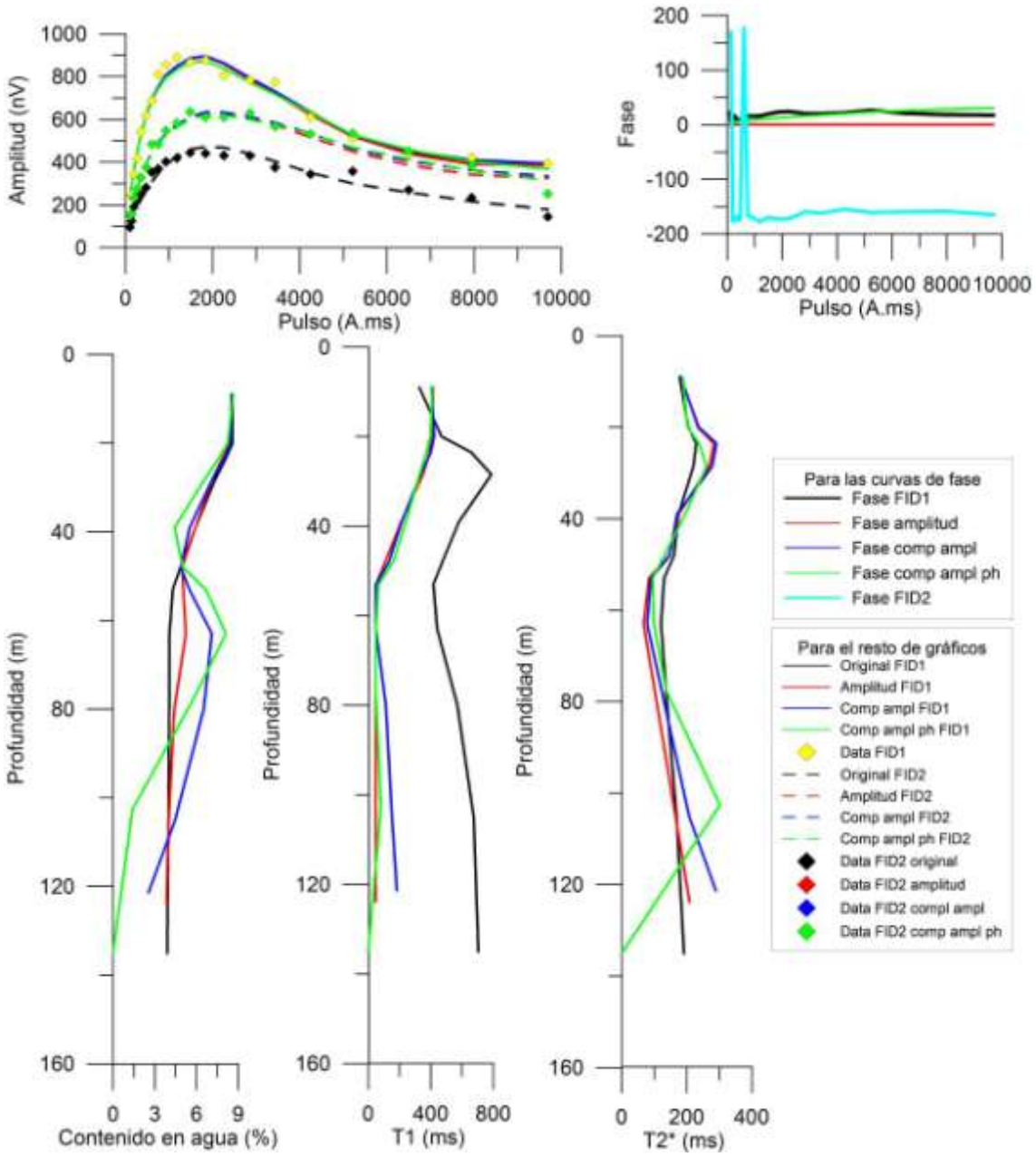
Respecto las curvas de cantidad de agua se ha podido observar una similitud de las curvas hasta unos 50 m de profundidad, después las curvas de inversiones complejas han presentado un ligero aumento para a partir de unos 65 m comenzar a disminuir, mientras que en las otras curvas no se ha producido tal aumento continuando con la tendencia de las curvas hasta los 50 m anteriormente comentados.

En cuanto a las curvas de T1 se refiere, las inversiones nuevas han estado conjuntadas siguiendo aproximadamente la forma seguida por los valores de T1 en la V6, pero con menores valores. Comentar que la curva de la V11CA parece asemejarse más a la morfología de la curva de la V6.

Al igual que para T1 para T2* las nuevas inversiones se han asemejado entre sí, pero han presentado menores mínimos que la curva de T2* de la V6, y los valores de los máximos han sido mayores. En general a partir de unos 50 m los valores de T2* han sido mayores que los de T1. La amplitud con menores errores de ajusta ha sido la V11CA.

Inversiones del SRM IV-2-2

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-2 V11A	12,56	5,76	37,86	34,35
IV-2-2 V11CA	***12,56***	***5,76***	***37,92***	***31,2***
IV-2-2 V11CAF	12,56	5,76	40,28	28,05



Inversiones SRM IV-2-2

SRM IV-2-3b

En este SRM se ha podido ver en el gráfico de amplitud las curvas para FID 1 una total coincidencia entre las curvas a excepción de la perteneciente a la V11CAF, la cual ha presentado nuevamente un máximo de amplitud menor al resto y para valores altos del pulso valores mayores que el resto. Este mismo comportamiento se ha observado en la curva de FID 2, pero teniendo en cuenta que los valores de FID 2 para la V6 son menores.

Respecto las fases, tanto la de FID 1 como la de FID 2 no presentaron valores anómalos realizando las inversiones complejas un buen ajuste a la fase que muestra el SRM, siendo mejor el realizado por la V11CAF.

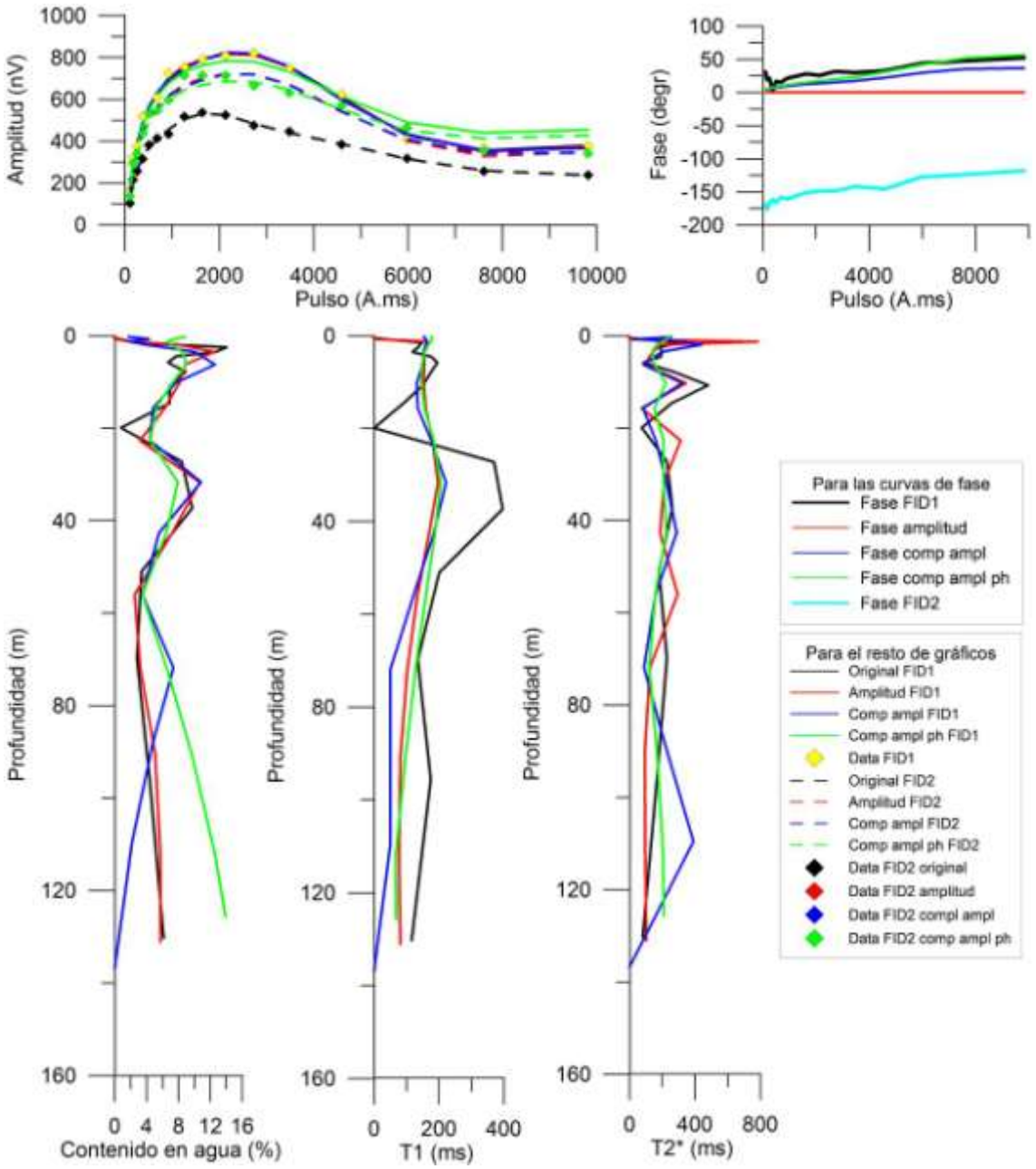
En cuanto al gráfico de cantidad de agua, se observó una similitud entre las distintas curvas hasta unos 45 m de profundidad, hacer notar el comportamiento que presentan las inversiones complejas pareciendo suavizar las curvas de la V6 y la de la inversión de amplitud. Para profundidades mayores de 45 m la curva de la V11CA parece desmarcarse del resto llegando incluso hasta un 0 %, mientas que las otras curvas presentaron un comportamiento parecido. En el caso de la V11CAF el porcentaje de agua es mayor esto puede ser debido a la forma que tiene la inversión en el gráfico de la amplitud, cuya curva se observó con tendencia horizontal o incluso relativamente ascendente, lo que provocaría un aumento de la cantidad de agua en profundidad.

Si se observa el gráfico de T1 se puede ver un comportamiento similar al gráfico anterior, las curvas de las inversiones nuevas son parecidas variando ligeramente la inversión compleja en amplitud. Como en el resto de casos los valores de T1 de la curva original son mayores a los de las curvas nuevas, mostrando una especie de efecto de suavizado.

Igual que en los dos gráficos anteriores, para T2* se concentran las curvas a excepción de la V11A que presenta unos valores máximos anómalos para poca profundidad y la curva de la V11CA que difiere del resto llegando a valores nulos de T2*. La inversión V11A ha mostrado los menores niveles de error.

Inversiones del SRM IV-2-3b

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-3b V11A	***13,44***	***5,11***	***20,28***	***32,20***
IV-2-3b V11CA	13,44	5,11	21,90	32,18
IV-2-3b V11CAF	13,44	5,11	43,18	40,25



Inversiones SRM IV-2-3b

SRM IV-2-4

El gráfico de amplitud de este SRM ha presentado una buena semejanza entre las curvas de FID 1 con ligeras variaciones en la posición del máximo de amplitud. Este comportamiento también es observable para FID 2 aunque a mayores valores del pulso las diferencias tienden a aumentar, esto no ocurre con la curva de FID 2 de la V6 que presenta valores menores de amplitud.

Las fases de FID 1 y de FID 2 presentan valores anómalos para el primer pulso. Respecto el ajuste, es similar para ambas inversiones complejas aunque no se adaptan al descenso que presenta la fase para los valores de pulso más altos.

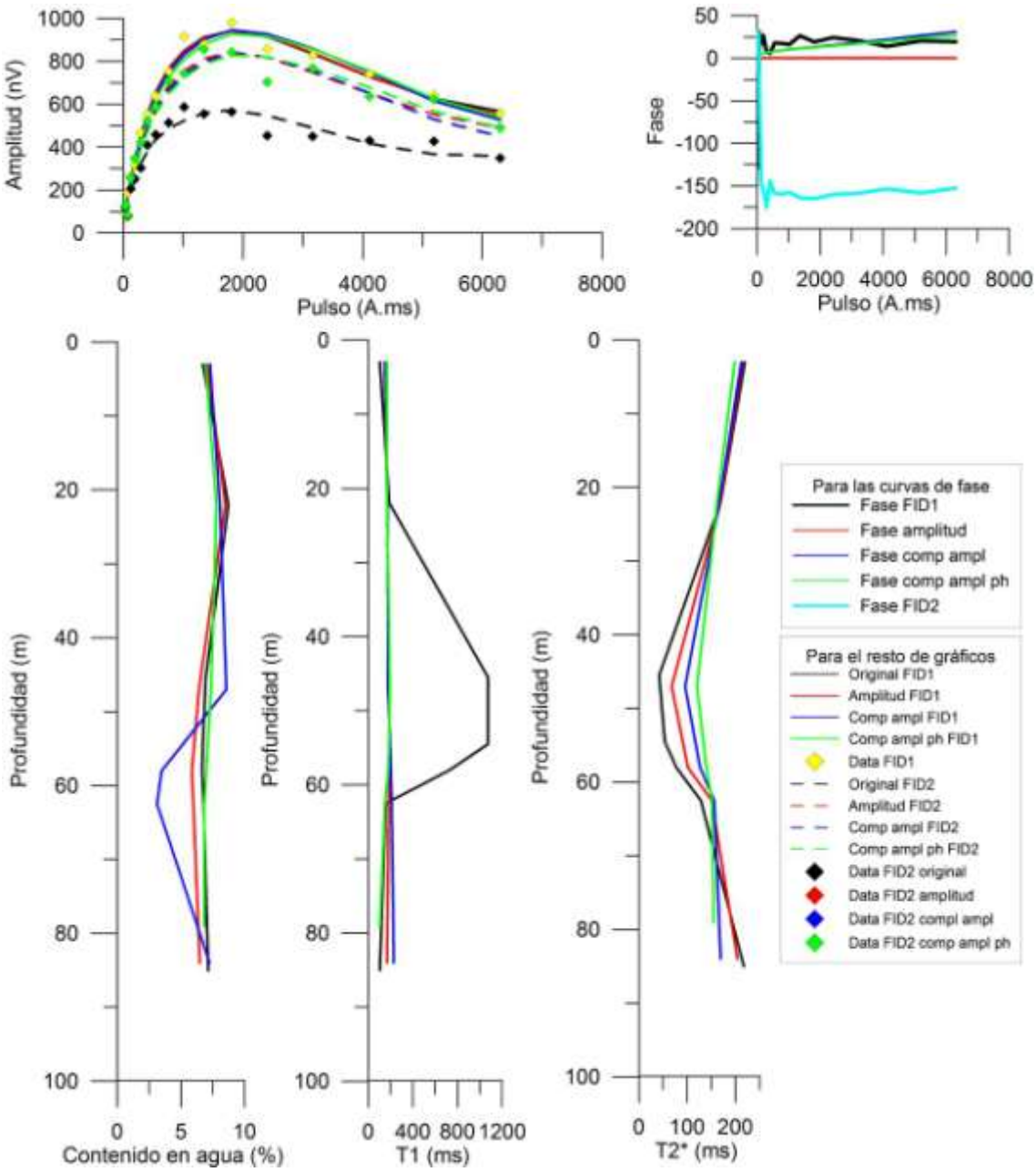
Para la cantidad de agua los valores de todas las curvas son muy semejantes distanciándose relativamente la inversión compleja de amplitud.

En el gráfico de T1 se observa un agrupamiento de las curvas de las inversiones nuevas que se distancian de los valores de la V6 que llegaban a unos valores máximos de uno superiores a 1000 ms, por lo que se podría decir que las inversiones nuevas presentan un mejor comportamiento que la original.

Por último en T2* las curvas nuevas se adaptan a la morfología de la curva original aunque en el tramo entre 25 m y 65 m se ordenan siendo la más cercana a la original, y por tanto menores valores de T2*, la correspondiente con la V11Ay seguida por la V11CA y la V11CAF que presenta valores de T2* mayores en el tramo. La V11A ha mostrado lo menores errores.

Inversiones del SRM IV-2-4

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-4 V11A	***4,39***	***16,21***	***29,63***	***43,65***
IV-2-4 V11CA	4,39	16,21	34,3	49,84
IV-2-4 V11CAF	4,39	16,21	38,83	51,44



Inversiones SRM IV-2-4

SRM IV-2-5b

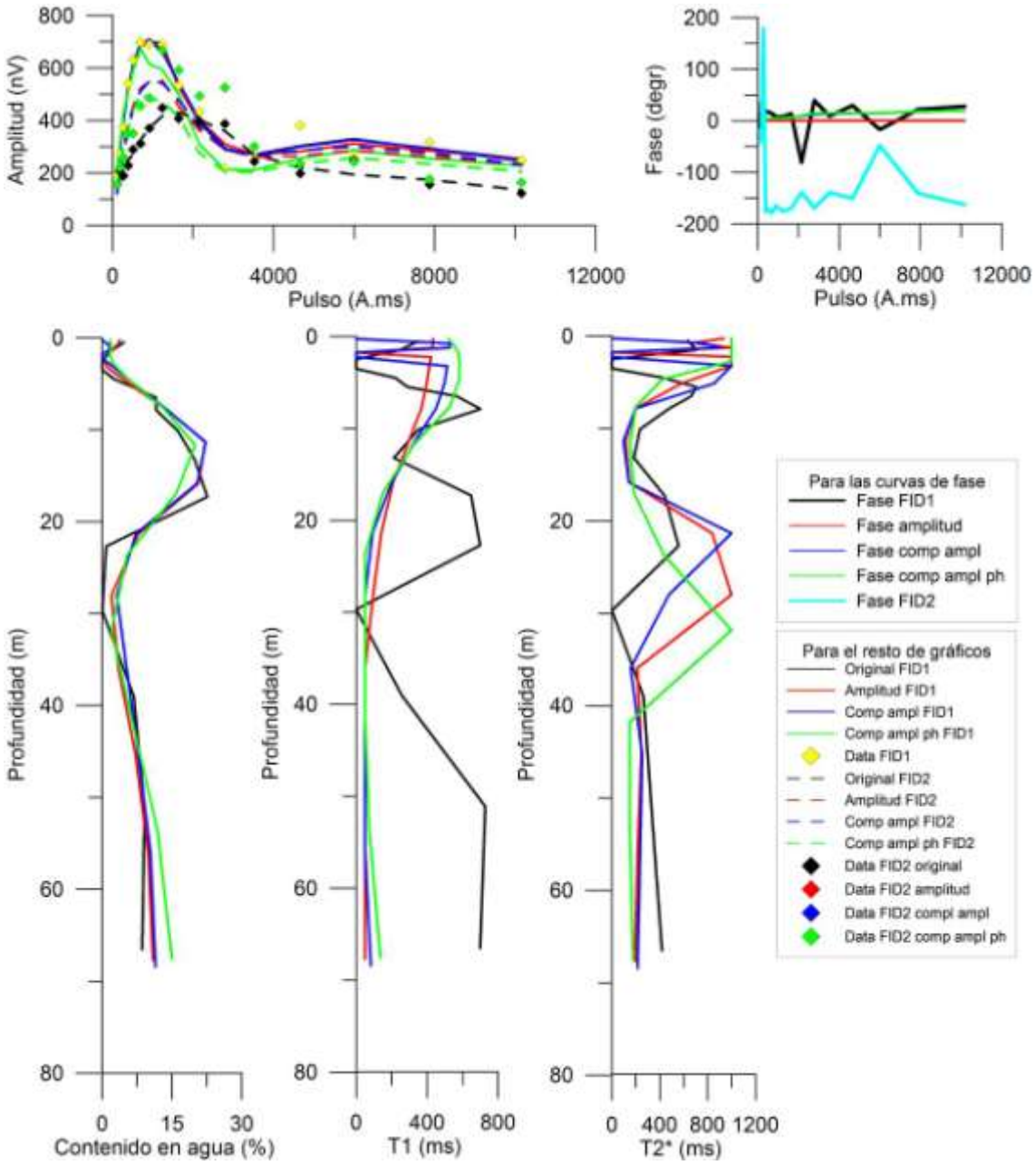
En este SRM el gráfico de amplitud muestra un desmarque de la curva proveniente de la V11CAF con respecto del resto de curvas para FID 1. Esto también sucede para FID 2, donde se adiciona la menor amplitud de la curva de a la V6.

Las fases se muestran muy caóticas tanto para FID 1 como para FID 2, presentado valores anómalos.

Respecto la cantidad de agua todas las curvas son similares. Los cambios mayores aparecen en las curvas de T1 y T2*. En T1 todas las inversiones nuevas comienzan con unos valores muy altos que van reduciéndose siendo casi constantes a partir de los cuarenta metros de profundidad. Las curvas de las inversiones nuevas no presentan parecido con la de la V6. Respecto la curva de T2*, parece que las inversiones nuevas siguen la tendencia de la V6 pero con valores más extremos y variando ligeramente la profundidad de los máximos. Denotar que aparecen valores de T2* incompatibles por ser superiores a 1 000 ms y por ser mayores que los correspondientes de T1. Los menores niveles de error la ha presentado la V11CA.

Inversiones del SRM IV-2-5b

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-5b V11A	2,16	28,18	39,31	94,64
IV-2-5b V11CA	***2,16***	***28,18***	***36,46***	***92,49***
IV-2-5b V11CAF	2,16	28,18	63,04	123,79



Inversiones SRM IV-2-5b

SRM IV-2-6

En este SRM para la amplitud de FID 1 se puede observar un agrupamiento de las curvas pero la perteneciente a la V11CAF se distancia del resto, especialmente para los valores de pulso más altos para los cuales presenta valores de amplitud muy altos comparados con el de las otras curvas; esto provocará aumentos en profundidad de la cantidad de agua que en el resto de gráficos no se producirán.

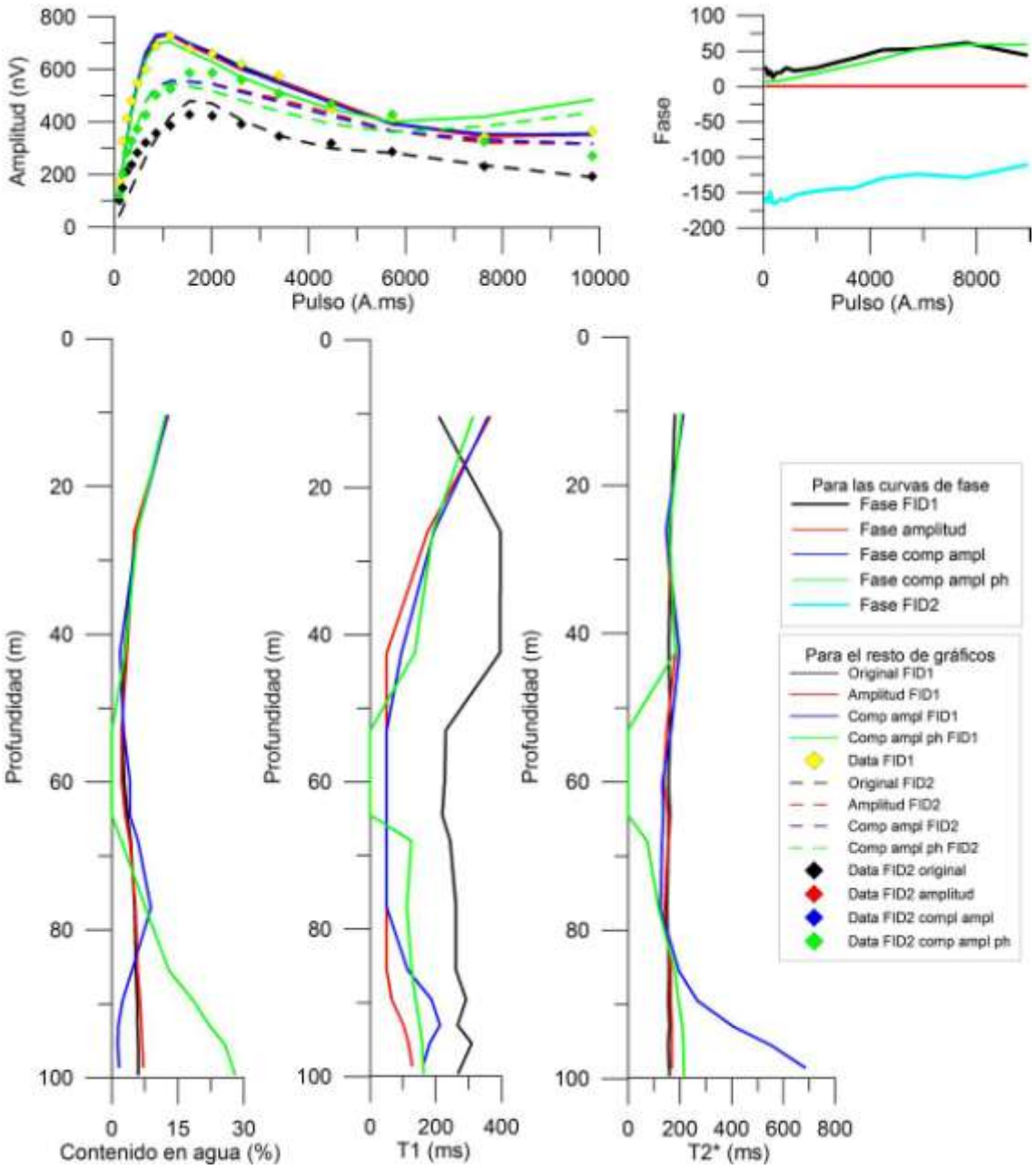
Respecto las fases, las dos parecen ser estables y el ajuste de las inversiones complejas correcto. Para la cantidad de agua las curvas son similares hasta los 45 m y 50 m donde las curvas de las inversiones complejas empiezan a separarse de la tendencia de las otras, especialmente se desmarca la curva de la V11CAF que muestras, tal y como se ha comentado antes, unos niveles de cantidad de agua de casi un 30 %.

Para T1 a partir de unos treinta metros de profundidad las curvas de las inversiones nuevas parecen seguir la tendencia de la original pero con valores menores, en profundidades inferiores las inversiones nuevas proporcionaron valores de T1 mayores. La curva perteneciente a la V11CAF parece ser la que mejor se ajusta a la original.

En cuanto a T2* las curvas son bastante coincidentes, exceptuando la curva de la V11CAF la cual presenta mínimos de forma acorde con los mínimos que presentaba para T1, la otra variación proviene de la curva de la V11CA que al final del SRM presenta valores excesivamente altos de T2*. V11A ha presentado los menores valores de error en el ajuste del modelo.

Inversiones del SRM IV-2-6

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-6 V11A	***14,14***	***4,36***	***40,35***	***36,95***
IV-2-6 V11CA	14,14	4,36	40,82	39,04
IV-2-6 V11CAF	14,14	4,36	58,58	65,03



Inversiones SRM IV-2-6

SRM IV-2-7

Este SRM muestra nuevamente lo que ya se ha visto varias veces, con respecto FID 1 coincidencia de las curvas de todas las inversiones exceptuando la de la V11CAF que presenta menores mínimos y para valores altos de pulso valores mayores que el resto. Para FID 2 las curvas siguen el mismo esquema, y con la curva de la V6 con menores valores que las demás.

Para las fases aparecen valores anómalos para FID 2 en los primeros pulsos y las inversiones complejas no se ajustan adecuadamente al descenso que experimenta la fase para valores de pulso altos.

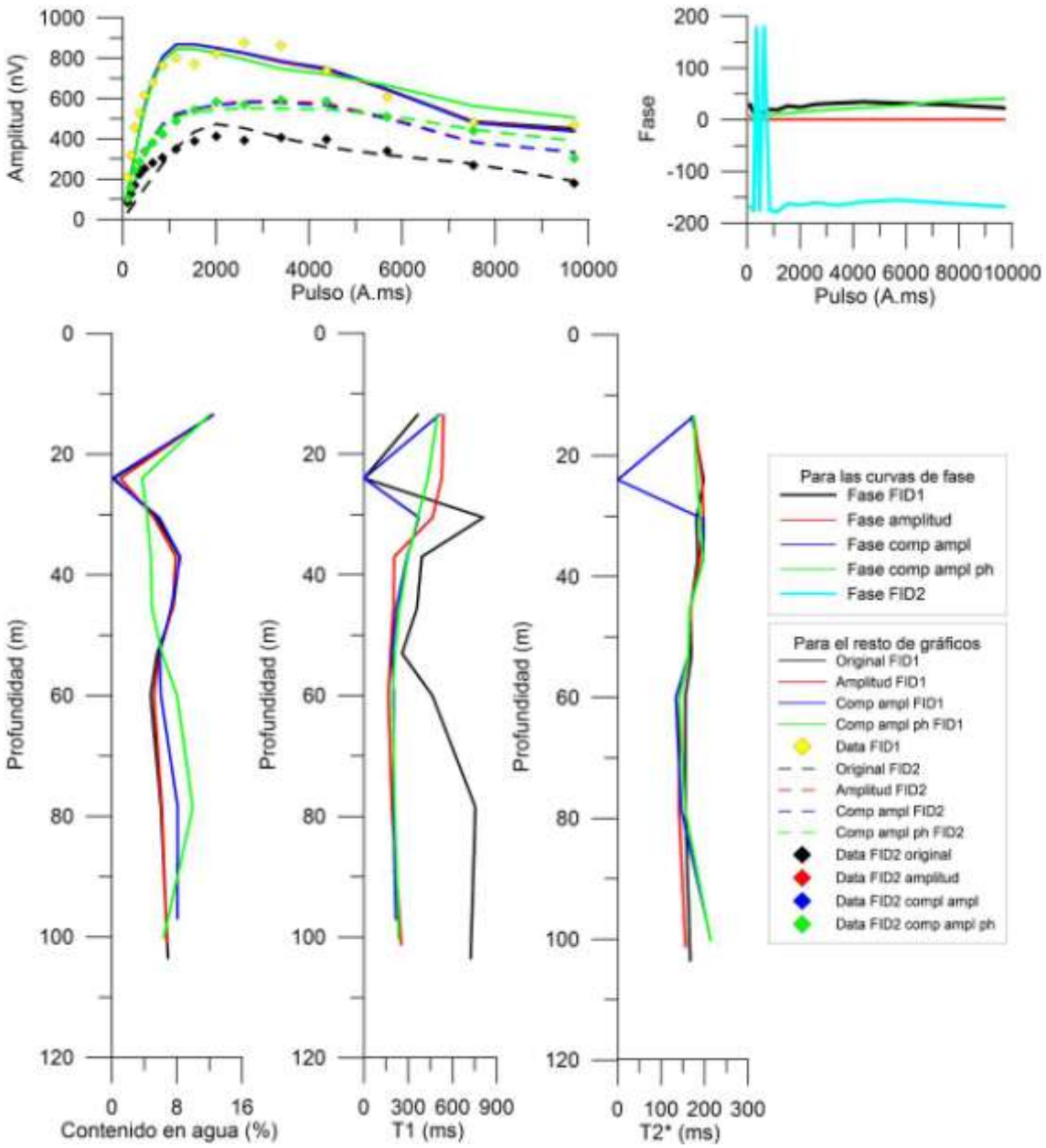
Respecto la cantidad de agua, hasta los 50 m de profundidad se mantienen juntas todas las curvas, exceptuando la de la V11CAF, aproximadamente con los mismos valores. El comportamiento de la curva de la V11AF es por momentos hasta casi opuesta al resto de curvas. A partir de los 50 m la curva de la V11CA se desmarca de la unión acercándose más a la otra curva compleja.

En el gráfico de T1 se puede observar como en este caso la curva de la V11A y la curva de la V11CAF son muy parecidas, mientras que la curva de la V11CA se parece más a la original hasta una profundidad de unos treinta metros, profundidad a la cual comienza a parecerse a la otra curva compleja.

En T2* las curvas son muy coincidentes, exceptuando los valores mínimos que presenta la curva de la V11CA que se corresponde con el que también presenta para T1. La otra diferencia es para las mayores profundidades, las inversiones complejas presentan valores ligeramente superiores de T2*. Tanto la inversión V11A como la V11CA han mostrado errores semejantes y menores que V11CAF.

Inversiones del SRM IV-2-7

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-7 V11A	18,18	4,11	66,51	30,93
IV-2-7 V11CA	18,18	4,11	65,87	31,62
IV-2-7 V11CAF	18,18	4,11	71,86	37,79



Inversiones SRM IV-2-7

SRM IV-2-7b

La curva de amplitud presenta la mismo aspecto que las anteriores, similitud entre curvas a excepción de la de la V11CAF que presenta un máximo menor que el del resto y para pulsos mayores presenta mayores valores de amplitud que el resto. Respecto las curvas de amplitud para FID 2, coinciden las nuevas inversiones hasta llegar al máximo, momento en el que la curva de la V11CAF se desmarca de las otras dos. La curva de FID 2 de la V6 es como siempre menor que el resto.

Las fases no presentan anomalías aunque el ajuste de las inversiones complejas es malo para valores de pulso alto.

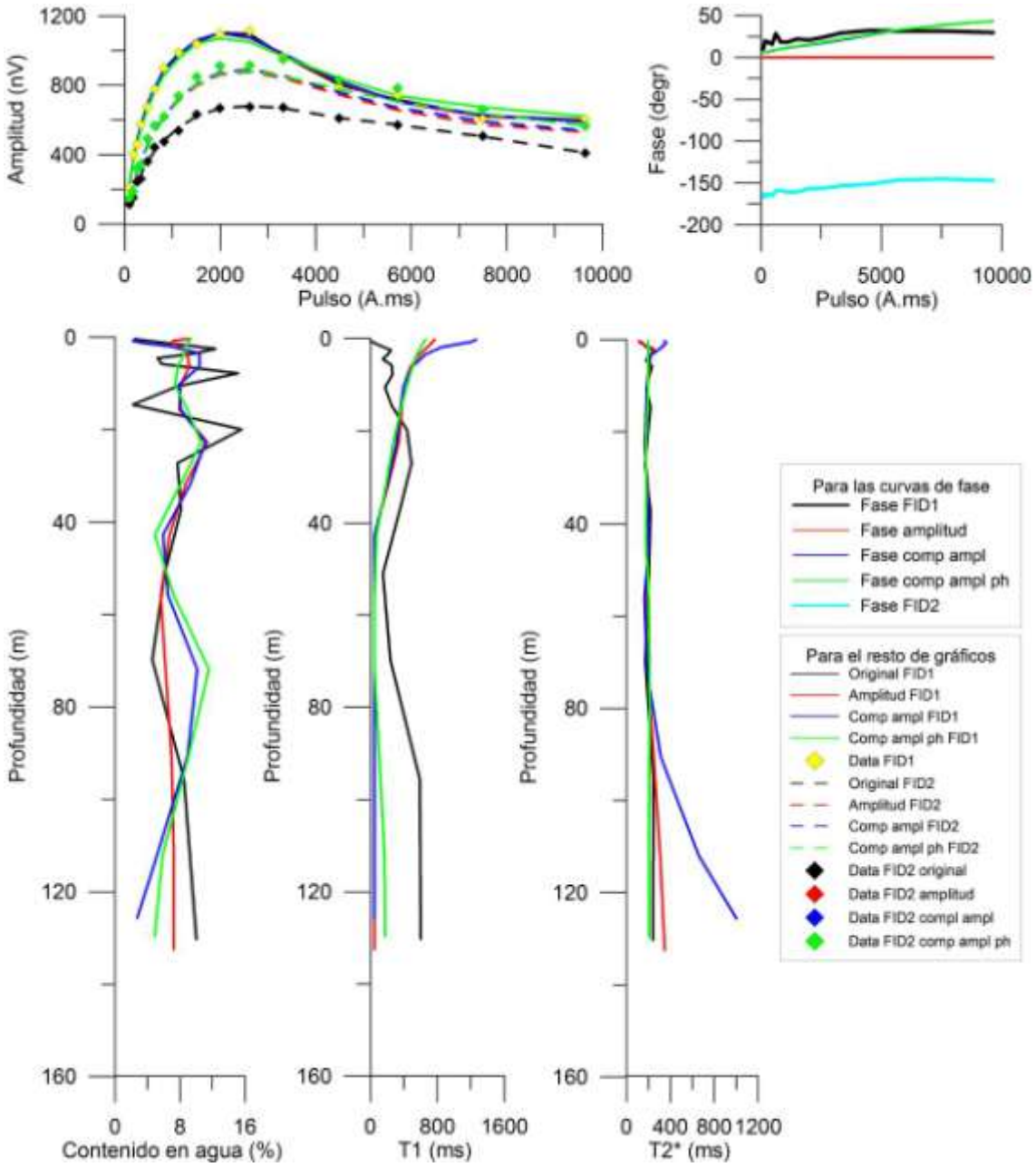
Para la cantidad de agua las inversiones nuevas presentan un seguimiento de la tendencia de la original produciendo lo que parece un suavizado de la misma, no obstante desde los 50 m de profundidad se produce una separación entre las curvas de las inversiones complejas y las otras dos haciendo que en la posición de los máximos de un grupo sea la posición de los mínimos del otro.

Respecto T1, las inversiones nuevas comienzan presentando valores mucho más altos que los de la V6 llegando incluso a valores incompatibles, y a partir de los 20 m de profundidad las curvas de las inversiones nuevas parecen seguir la tendencia de la curva original pero con menores valores de T1.

Por último, en T2* todas las curvas parecen conjuntarse, a excepción de la curva compleja de inversión que presenta pequeñas variaciones al principio del SRM y grandes al final, manteniéndose en todo el resto del SRM con el resto de curvas. V11CA ha mostrado menores errores de ajuste.

Inversiones del SRM IV-2-7b

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-7b V11A	25,53	3,69	23,1	59,1
IV-2-7b V11CA	***25,53***	***3,69***	***24,26***	***50,16***
IV-2-7b V11CAF	25,53	3,69	*35,91*	*43,75*



Inversiones SRM IV-2-7b

SRM IV-2-7c

El gráfico de amplitud de este SRM muestra una gran similitud para FID 1 entre todas las curvas, esta similitud sólo se rompe al final del SRM donde la V11CAF presenta valores menores. Exactamente lo mismo ocurre para FID 2, donde los valores de la V6 son menores que el resto.

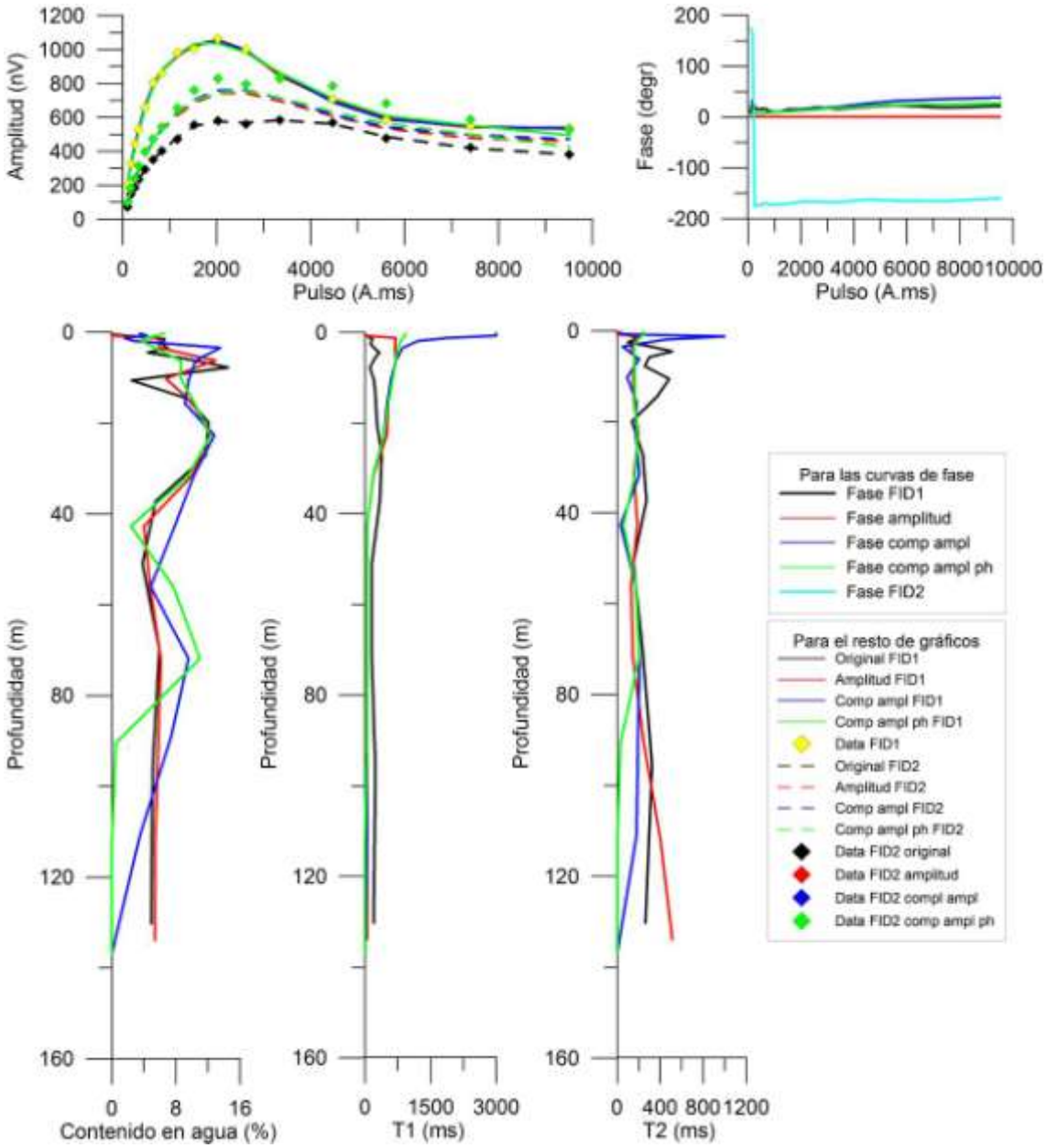
El gráfico de fase por su parte presenta valores anómalos para FID 2 en los primeros pulsos, y las inversiones complejas no proporcionan un ajuste correcto.

Respecto la cantidad de agua el resultado es parecido hasta unos 30 m donde parece que las inversiones complejas se desmarcan del resto. Para T1 aparecen inicialmente valores anómalos, y a partir de algo menos de 30 m las inversiones nuevas parecen proporcionar una solución similar a la de la V6 pero de menores tiempos.

Para T2* se presentan valores iniciales anómalos para la V11CAF, con cierta similitud en el resto del SRM hasta unos 75 m donde cada curva toma valores distintos. La inversión V11CA ha presentado los valores de error.

Inversiones del SRM IV-2-7c

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-7c V11A	23,74	3,51	12,29	81,75
IV-2-7c V11CA	***25,53***	***3,69***	***13,89***	***72,68***
IV-2-7c V11CAF	25,53	3,69	*21,69*	*72,34*



Inversiones SRM IV-2-7c

SRM IV-2-8

Para este SRM se puede observar unas curvas de amplitud para FID 1 bastante similares, hasta pasados los 4 000 A.ms donde la curva de la V11CAF se distancia del resto presentando valores ligeramente superiores. Este efecto también es observable para FID 2, donde la amplitud de las curva de la V6 sigue siendo menor que la del resto.

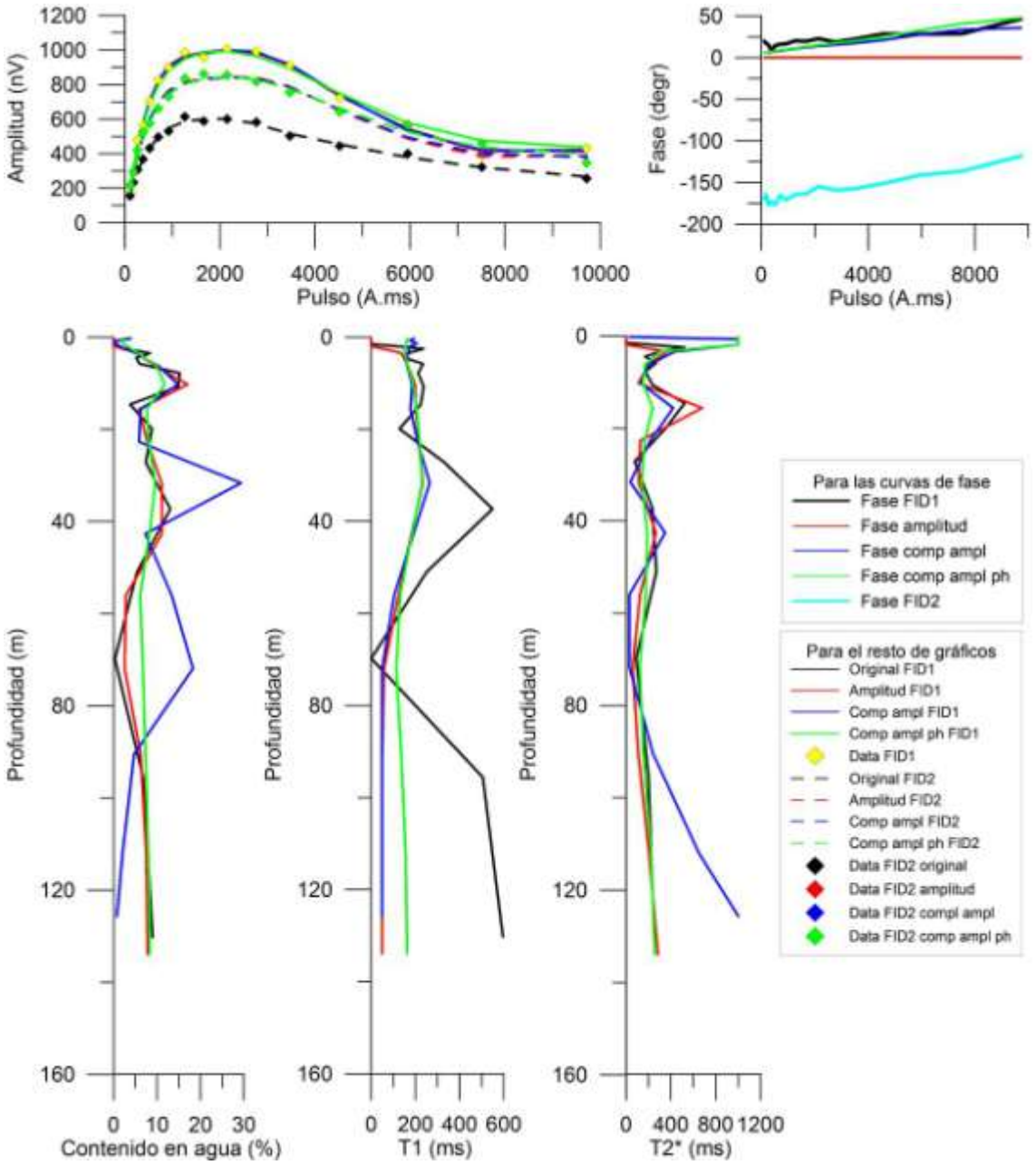
Las fases de este SRM no presentan valores anómalos. El ajuste de las inversiones complejas sigue la tendencia general de las curvas, pero sin ajustarse de forma precisa.
En cuanto la cantidad de agua, hasta los primeros veinte metros de profundidad las curvas se parecen, a partir de esta profundidad la curva de la V11CA presenta valores máximos y mínimos no correspondidos con ninguna otra curva. También a partir de esta profundidad la curva de la V11CAF no presenta apenas variaciones. La curva original y la de la V11Ason muy semejantes.

Respecto T1, es observable a partir de los sesenta metros una variación entre las curvas de las nuevas inversiones. Mientras que la de amplitud y la compleja de amplitud van a la par, la curva de la V11CAF se desvía presentando valores mayores. En este caso también la V6 presenta valores mayores que el resto.

Para T2*, todas las curvas nuevas presentan uno o varios puntos con valores extremos. Al comienzo del SRM las curvas complejas comienzan con valores cercanos a 1 200 ms, la curva de la V11A presenta valores cercanos a 800 ms a unos 17 m de profundidad, y al final del SRM la curva de la V11CA alcanza nuevamente valores cercanos a 1 200 ms. Exceptuando estos aspectos se observa semejanza entre las distintas curvas. Como puede observarse la inversión V11CA ha mostrado los menores niveles de error en el ajuste del modelo generado por la inversión.

Inversiones del SRM IV-2-8

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-8 V11A	18,75	4,41	20,46	39,92
IV-2-8 V11CA	***18,75***	***4,41***	***22,74***	***35,93***
IV-2-8 V11CAF	18,75	4,41	33,09	28,81



Inversiones SRM IV-2-8

SRM IV-2-9

Por primera vez casi todas las curvas de FID 1 de las nuevas inversiones se encuentran ligeramente superiores a la de la V6, mostrándose además un excelente ajuste entre las curvas de la V11A y la V11CAF. Este buen ajuste empeora para FID 2, especialmente para valores de pulso altos. La curva de la V11CAF, tanto para FID 1 como para FID 2, es menor que las curvas de V11A y de V11CA hasta los 3 000 ms y después ligeramente superior. Como siempre los valores de FID 2 de la V6 son menores que el resto.

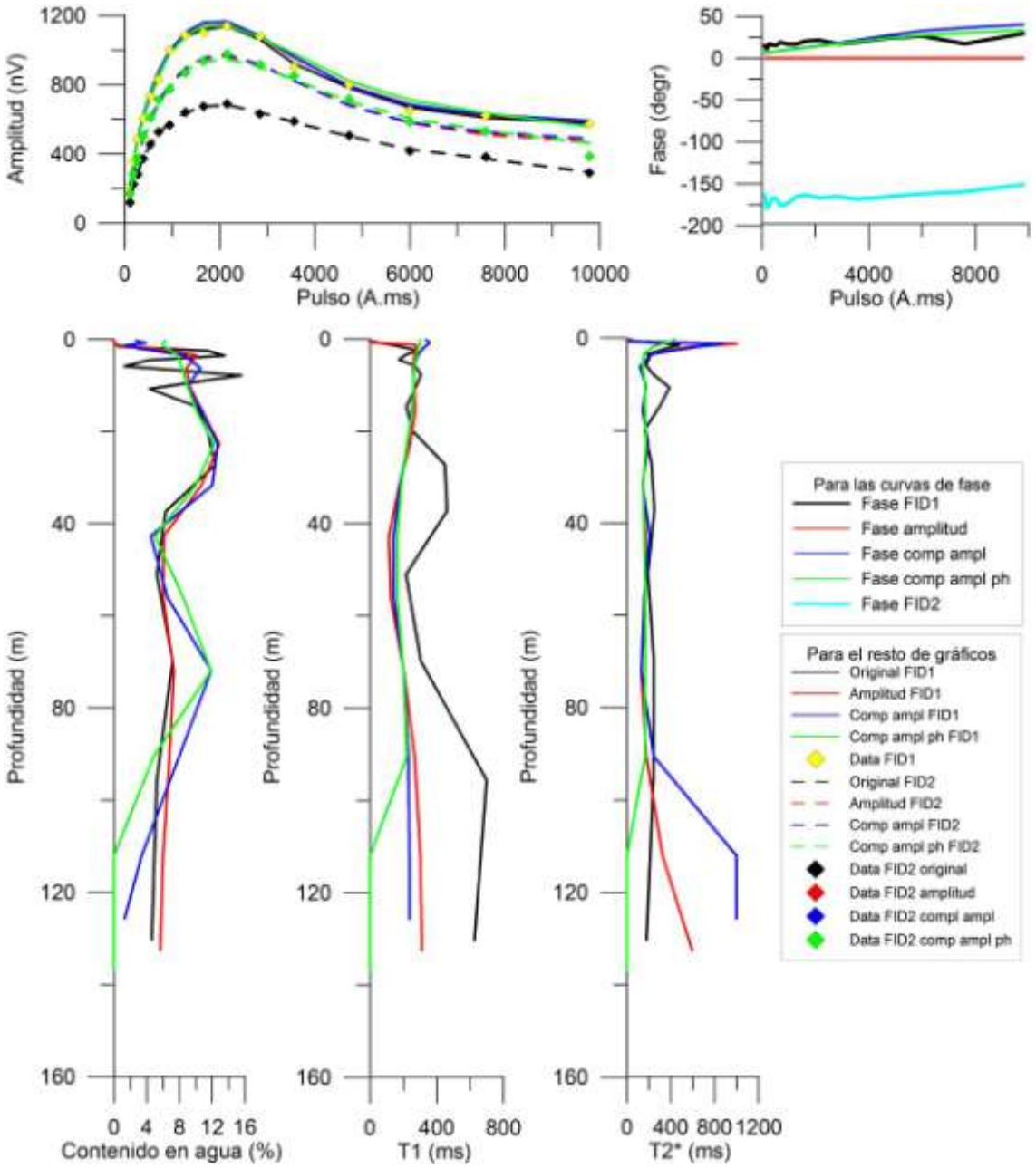
Las fases no presentan valores anómalos, produciéndose un ajuste general de las inversiones complejas.

Si observamos el gráfico de la cantidad de agua se puede ver como hasta los 50 m de profundidad las curvas se asemejan realizando las inversiones nuevas un suavizado de los bruscos cambios que presentaba la curva perteneciente a la amplitud original. No obstante, a partir de los 50 m se produce un distanciamiento entre las curvas complejas y el resto. Mientras que las curvas complejas marcan un aumento de la cantidad de agua en torno a los 75 m de profundidad las otras curvas se mantienen.

En cuanto T1 las curvas de las inversiones nuevas son muy similares hasta una profundidad de 90 m donde la curva de la V11CAF reduce sus tiempos hasta cero. En T2* a partir también de los 90 m de profundidad se produce una separación de las curvas, las cuales hasta dicha profundidad habían coincidido, sobrepasando incluso los 1 100 ms. Al final del SRM la curva de la V11CA presenta nuevamente valores cercanos a los 1 100 ms. La V11A ha mostrado los menores niveles de error.

Inversiones del SRM IV-2-9

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-9 V11A	***10,85***	***8,47***	***18,78***	***27,60***
IV-2-9 V11CA	10,85	8,47	19,63	30,82
IV-2-9 V11CAF	10,85	8,47	28,54	25,96



Inversiones SRM IV-2-9

SRM IV-2-11b

Es observable un buen ajuste en el gráfico de amplitud de las curvas de las inversiones de amplitud, compleja de amplitud y la original. La curva de la V11CAF presenta en el máximo una forma más estrecha que las otras curvas y para valores de pulso altos muestra valores ligeramente superiores. Tal comportamiento es también observable para FID 2, pero con valores para la curva original menores que el resto.

Las fases no parecen presentar valores anómalos y las inversiones complejas realizan un ajuste para FID 1 muy general no adaptándose a las variaciones que presenta.

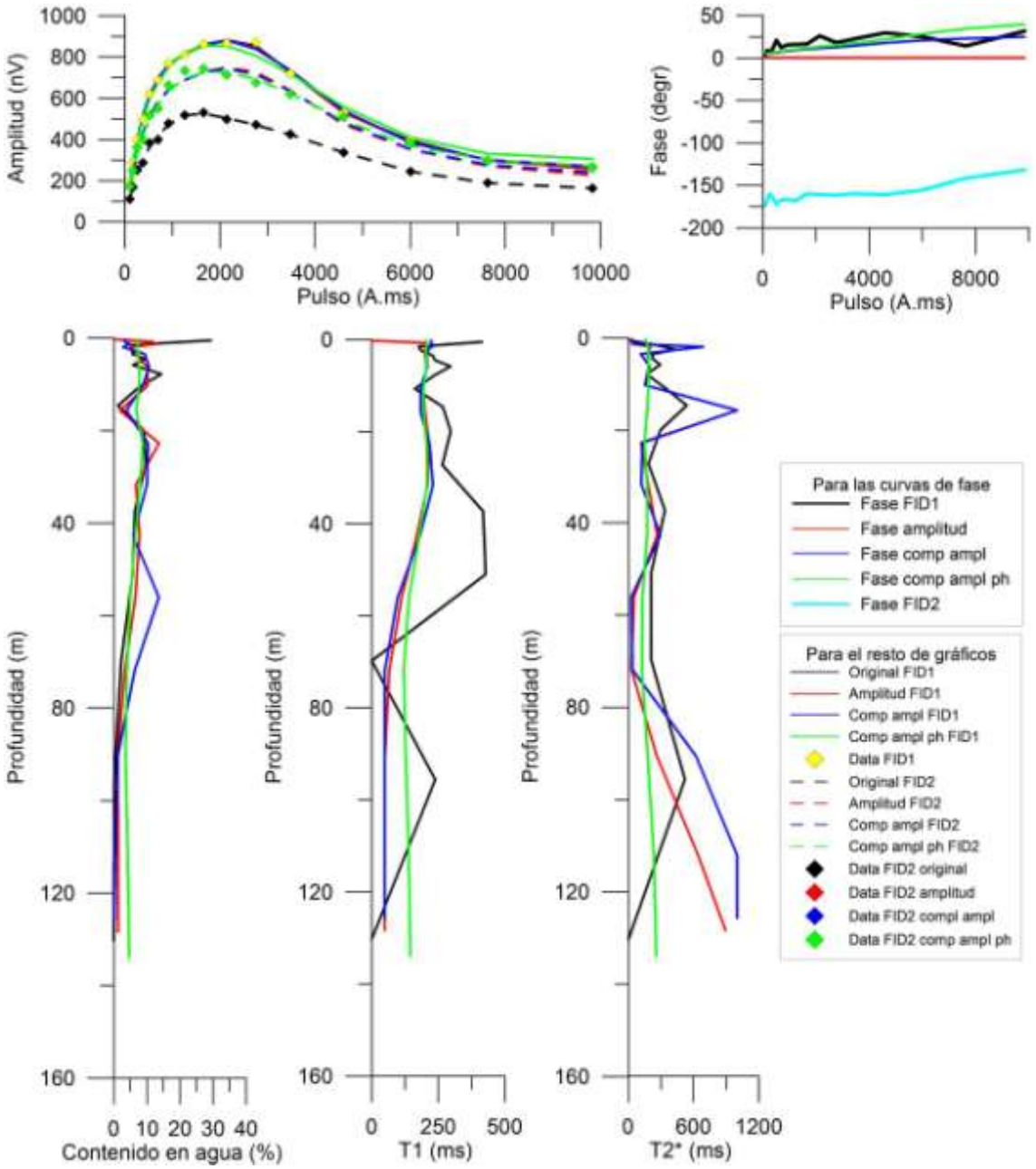
En cuanto la cantidad de agua, se produce una buena similitud entre la curva original, la de V11A y la de la inversión compleja de amplitud, a pesar que esta última genera en torno a los 55 m un aumento de la cantidad de agua que las otras dos no presentan. Respecto a la curva perteneciente a la V11CAF, su comportamiento se asemeja a un suavizado del resto de curvas, presentando pocas variaciones a lo largo de todo el SRM y finalizando con valores mayores que el resto de curvas.

Si nos fijamos ahora en el gráfico de T1 se puede ver similitud entre las curvas de las inversiones nuevas hasta los 45 m profundidad a partir la cual la curva perteneciente a la V11CAF muestra valores de T2* mayores que las otras dos curvas pertenecientes a las inversiones nuevas. La curva de la V6 se mantiene en casi todo el SRM con valores superiores a las otras curvas.

Para T2* la curva de la V11CAF se muestra casi invariable, mientras que la curva de la V11A y la curva de la V11CA se mantienen iguales describiendo máximos y mínimos de forma acorde a la curva original, pero con valores más extremos, llegando a superar los 1 000 ms . Esta similitud entre las curvas se rompe a partir de los 70 m donde cada curva sigue valores distintos aunque al final del SRM presentan valores de T2* parecidos. La inversión V11CA ha mostrado los menores niveles de error.

Inversiones del SRM IV-2-11b

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-2-11b V11A	16,07	4,14	9,96	30,28
IV-2-11b V11CA	***16,07***	***4,14***	***12,57***	***27,27***
IV-2-11b V11CAF	16,07	4,14	25,49	19,01



Inversiones SRM IV-2-11b

SRM IV-3-3b

Las curvas de todas las inversiones para FID 1, en el gráfico de amplitud, presentan buena coincidencia siendo un poco más variable la respuesta para FID 2, especialmente entre las inversiones complejas y la de amplitud. Para FID 2 la curva de la V6 es como siempre menor.

Las fases no muestran valores anómalos y los ajustes de las inversiones complejas a la fase son buenos para la V11CAF, pero no muestran un decaimiento que ocurre en la fase en torno a los 7 500 A.ms

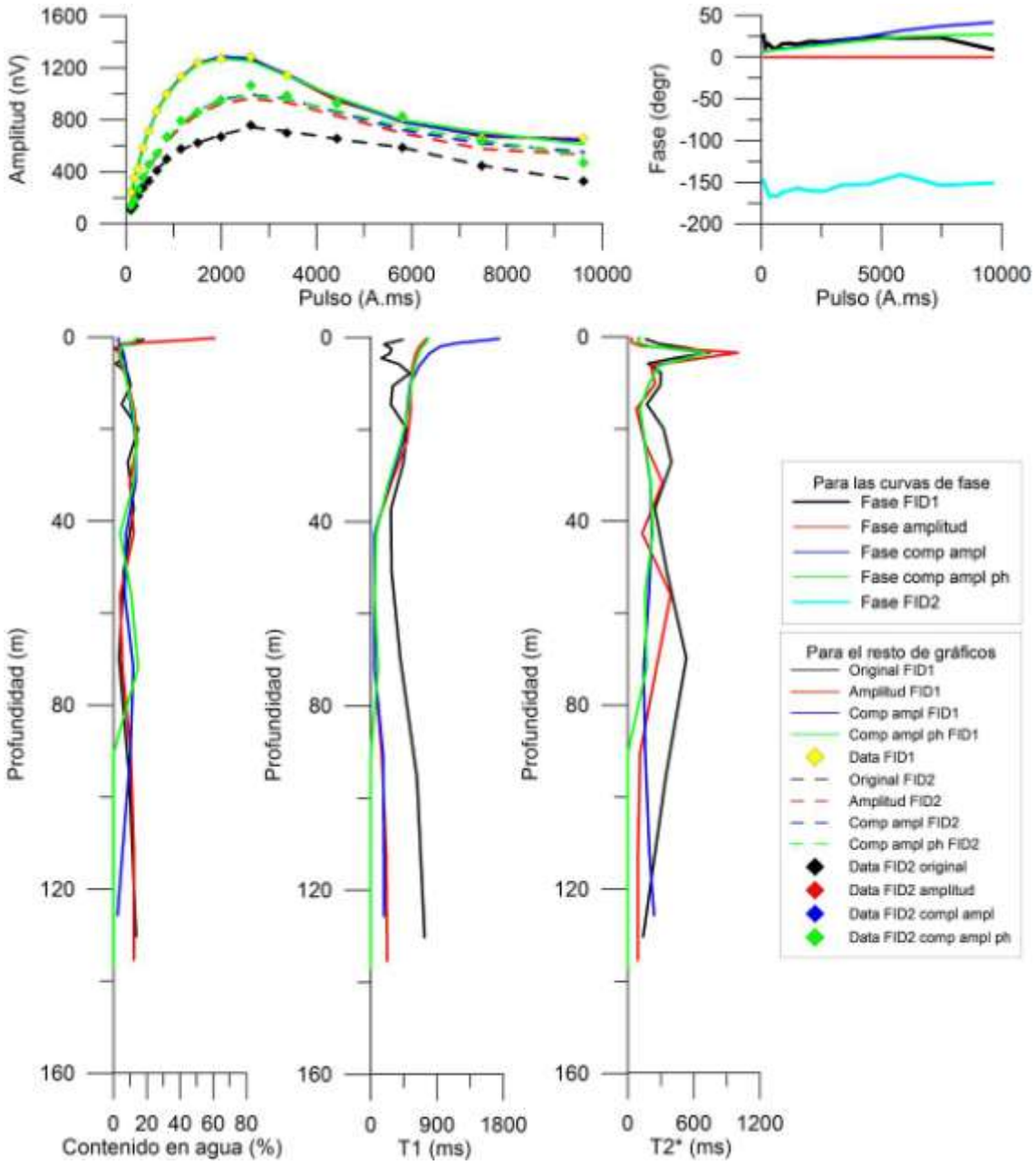
Si pasamos a describir el gráfico de contenido en agua, se puede ver una cantidad anómala (más del 60 %) para la inversión de amplitud. Salvo esto el comportamiento de todas las curvas es similar hasta los 35 m, más allá de esta profundidad las soluciones complejas parecen desmarcarse por un lado y el resto por otro.

Observando ahora el gráfico de T1 se muestran valores anómalos en la curva compleja de amplitud con valores mayores de 1 700 ms y en las curvas de amplitud y compleja de amplitud y fase con valores cercanos a 800 ms. Después de este máximo las curvas de las inversiones nuevas se acercan entre ellas, hasta los 80 m profundidad hasta donde llega la V11CAF. Salvo los máximos iniciales el resto de valores son menores que el T1 de la V6.

Para T2*, las curvas de las inversiones nuevas reproducen un máximo de la curva de la V6 pero presentando valores mayores sobrepasando los 900 ms. Durante el resto del SRM las curvas presentan valores menores que la curva de la V6, mostrando un comportamiento muy variable de la curva de la inversión de amplitud, la cual es la que presenta el máximo anteriormente indicado. La inversión con menos error de ajuste ha sido la V11CAF.

Inversiones del SRM IV-3-3b

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-3-3b V11A	13,89	7,23	10,45	57,8
IV-3-3b V11CA	13,89	7,23	18,65	44,29
IV-3-3b V11CAF	***13,89***	***7,23***	***22,42***	***37,76***



Inversiones SRM IV-3-3b

SRM IV-3-6

Indicar antes de nada que los gráficos de profundidad de este SRM comienzan en torno a los 30 m debido a que al ser este un SRM basado en un modelo generado con información a priori el centro de la primera capa está en el comienzo de las curvas.
Respecto al gráfico de amplitud se puede ver como para FID 1 la curvas de las distintas inversiones son similares, mientras que para FID 2, además de la variación siempre presente de la curva de la V6, se produce una pequeña variación de la curva de la V11CAF con respecto al resto de curvas de las nuevas inversiones.

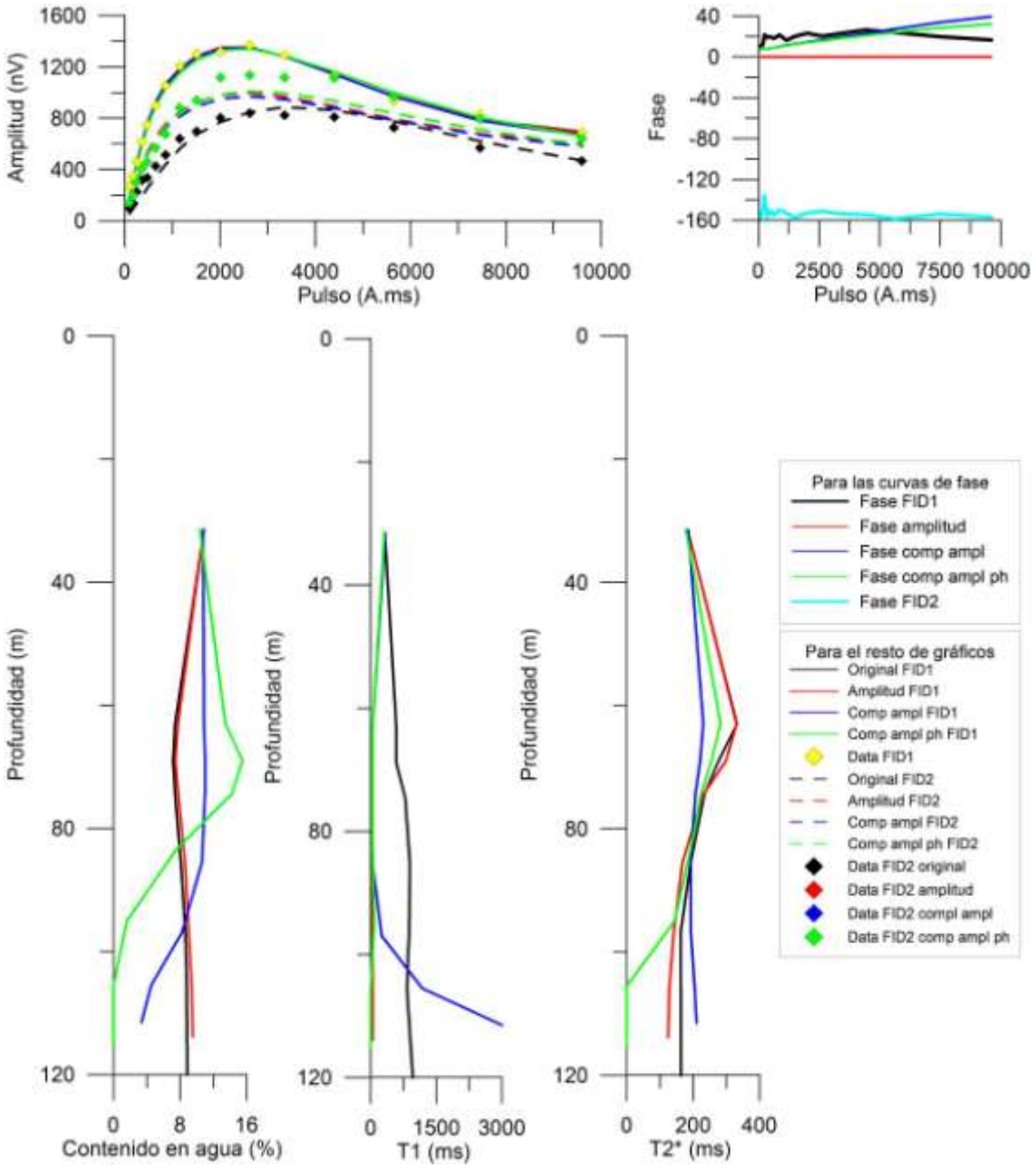
Las fases no presentan valores anómalos pero el ajuste de las curva de las inversiones complejas no responde al decaimiento que sufre la fase para valores de pulso altos.
En cuanto al gráfico de cantidad de agua es apreciable el gran parecido entre las curvas de la V6 y la inversión de amplitud, mientras que las inversiones complejas son más distantes entre sí pero presentan comportamientos similares y siempre antagónicos respecto el de las otras dos curvas.

Para T1 el comportamiento de las curvas de las nuevas inversiones es similar hasta alcanzar profundidades de 85 m, a partir de donde la curva de la V11CA se desmarca del resto alcanzando valores anómalos del orden de 3 000 ms. A excepción de este máximo, la curva de la V6 para T1 es siempre mayor que la de las nuevas inversiones.

En cuanto para T2* las curvas presentan comportamientos similares, más similares entre la curva de la V6 y la curva de la inversión de amplitud. Esta similitud sólo se rompe por el comportamiento de la curva de la V11CAF que desciende hasta cero a los 100 m de profundidad, profundidad a la que termina la V11CAF para este SRM. La inversión V11CAF es la que ha mostrado menores niveles de error en el ajuste.

Inversiones del SRM IV-3-6

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-3-6 V11A	15,95	7,09	30,5	105,25
IV-3-6 V11CA	15,95	7,09	31,71	114,52
IV-3-6 V11CAF	***15,95***	***7,09***	***40,28***	***87,91***



Inversiones SRM IV-3-6

SRM IV-3-6b

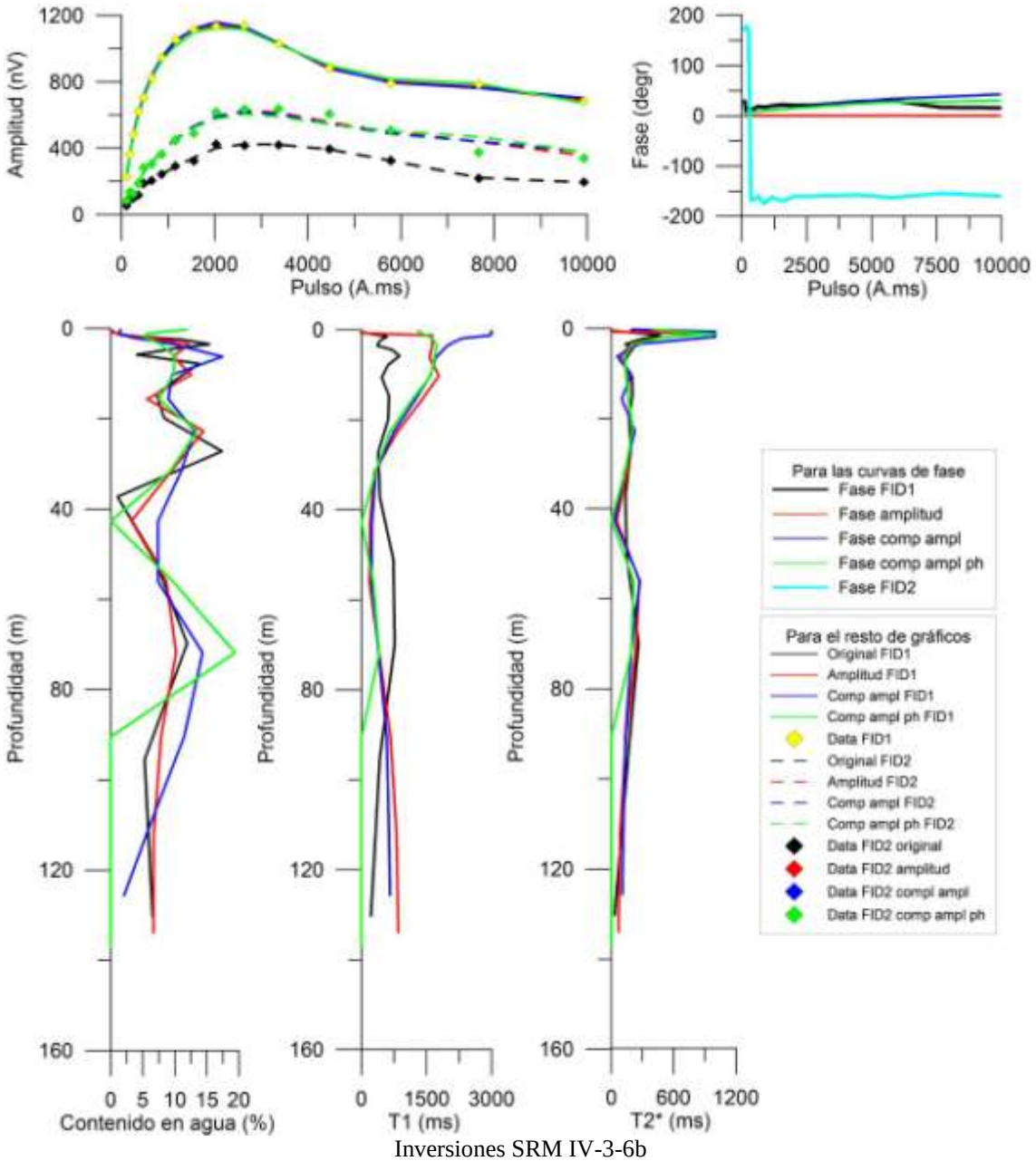
En este SRM las curvas del gráfico de amplitud para FID 1 son muy similares, al igual que para FID 2, donde la curva de la V6 es menor que la del resto. La fase de FID 2 presenta valore anómalos al comienzo del SRM y el ajuste de las inversiones complejas con respecto FID 1 es bueno hasta que se produce un descenso en la fase que no es reproducido por las inversiones.

En el gráfico de cantidad de agua es observable el parecido entre curvas, aunque presentas valores ligeramente diferentes entre ellas, el comportamiento es idéntico. Respecto a T1, el SRM comienza presentando valores anómalos e incompatibles para las inversiones nuevas. Después de este máximo las inversiones nuevas se juntan hasta los 75 m de profundidad a partir de donde la curva de la V11CAF desciende hasta los 90 m, profundidad máxima para esta inversión.

Igual comportamiento aparece para T2*, con valores anómalos de las curvas de las inversiones nuevas al comienzo, después similitud entre curvas de las inversiones nuevas y desmarque de la curva de la V11CAF. La inversión con menor error de ajuste ha sido la V11A.

Inversiones del SRM IV-3-6b

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-3-6b V11A	***20,51***	***4,84***	***8,24***	***28,65***
IV-3-6b V11CA	20,51	4,84	12,28	32,77
IV-3-6b V11CAF	20,51	4,84	19,14	37,75



Inversiones SRM IV-3-6b

SRM IV-3-6c

En este SRM en el gráfico de amplitud, se puede ver como las curvas de las inversiones para FID 1 coinciden salvo por la curva de la V11CAF la cual presenta valores ligeramente mayores a partir de los 5 500 ms. Para FID 2 el comportamiento de la V11CAF sigue comportándose de forma similar a como lo hacía para FID 1, pero en cambio la V11A muestra valores menores, y mucho más pequeños los valores provenientes de la curva de la V6.

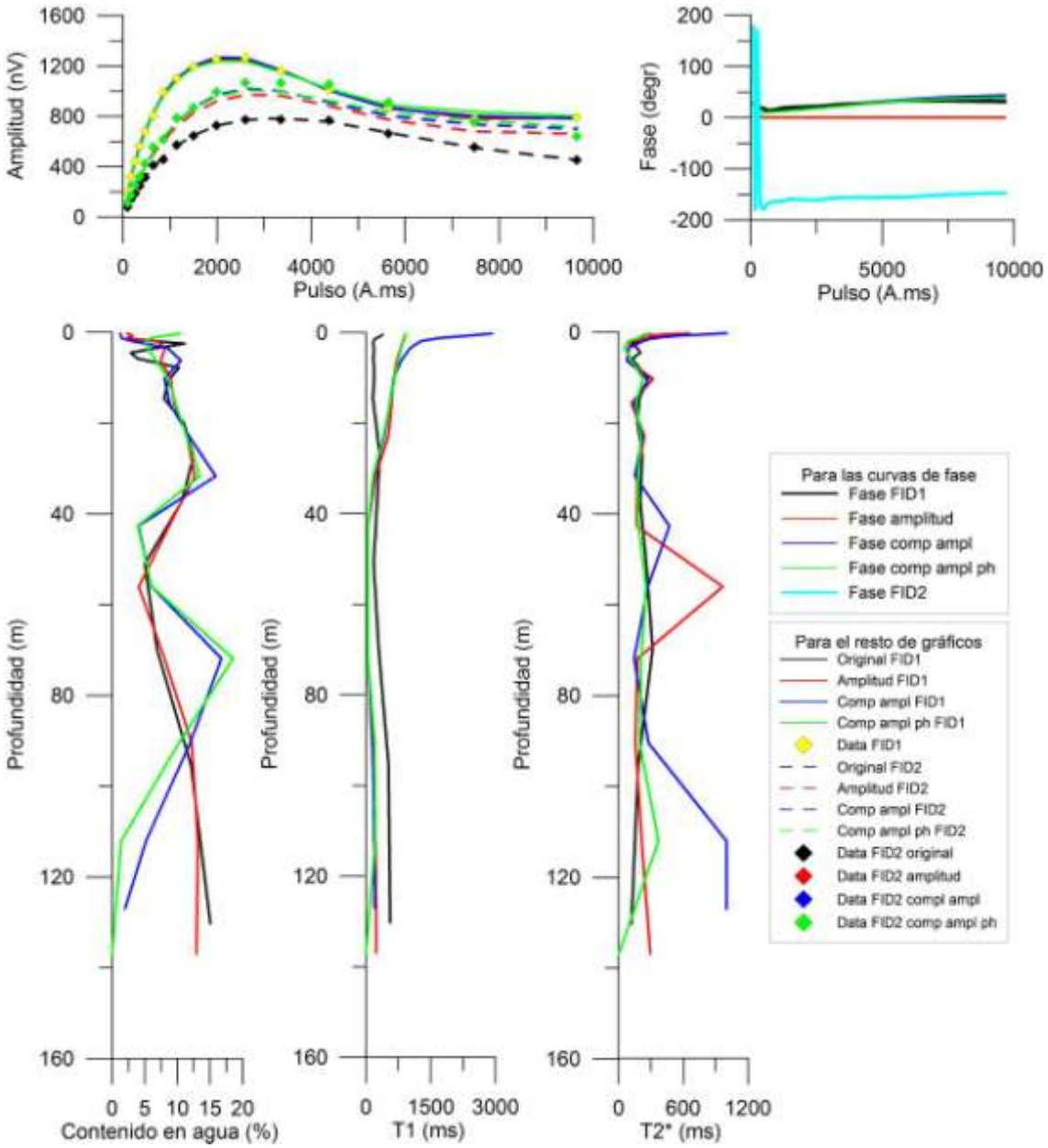
Respecto a la fase, el gráfico muestra un par de valores anómalos al comienzo del SRM para FID 2, produciéndose un buen ajuste de las inversiones complejas para FID 1.
Si pasamos ahora al gráfico de la cantidad de agua, es visible cierta concordancia entre las curvas que se pierde a partir de los 40m, profundidad a partir de la cual las curvas de las inversiones complejas se separan de la curva original y de la curva de inversión de amplitud.

En cuanto T1, al comienzo del SRM las inversiones nuevas presentan valore incompatibles llegando las curvas de las inversiones de amplitud y compleja de amplitud y fase hasta los 1 000 ms. Después las curvas de las inversiones nuevas tienden a juntarse, presentando valores siempre menores que la curva original a excepción del primer tramo donde aparecen las anomalías.

En el gráfico de T2* es muy remarcable las anomalías que presentan las curvas de la V11A y V11CA, marcando valores mayores incluso de 1 000 ms, presentando ambas curvas valores similares entre sí y fluctuantes respecto la curva de V6 y la de V11CAF. A partir de unos 30 m esta similitud, entre las curvas de la V11CA y la V11A, se desvanece totalmente. La inversión V11CA es la que ha mostrado menores niveles de error en el ajuste.

Inversiones del SRM IV-3-6c

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-3-6c V11A	29,34	3,6	9,67	75,2
IV-3-6c V11CA	***29,34***	***3,6***	***12,73***	***54,23***
IV-3-6c V11CAF	29,34	3,6	22,92	52,1



Inversiones SRM IV-3-6c

SRM IV-5-1

Este SRM muestra un caótico gráfico de amplitud, en el que para FID 1 sólo presentan características similares la curva de la V6 y la curva de la inversión de amplitud, las inversiones complejas presentan curvas dispares tanto entre sí como entre el resto de las curvas, siendo la única característica común la poco distancia que muestran las curvas de FID 1 y FID 2 para estas inversiones. Como es obvio las curvas de FID 2 para la V6 y la V11A no presentan semejanzas.

Si observamos al gráfico de las fases se puede ver lo caótico que es este SRM, con muchos valores de pulso anómalos, lo que provoca sin duda un mal ajuste de las fase por parte de las inversiones complejas y el aspecto caótico que tiene este SRM.

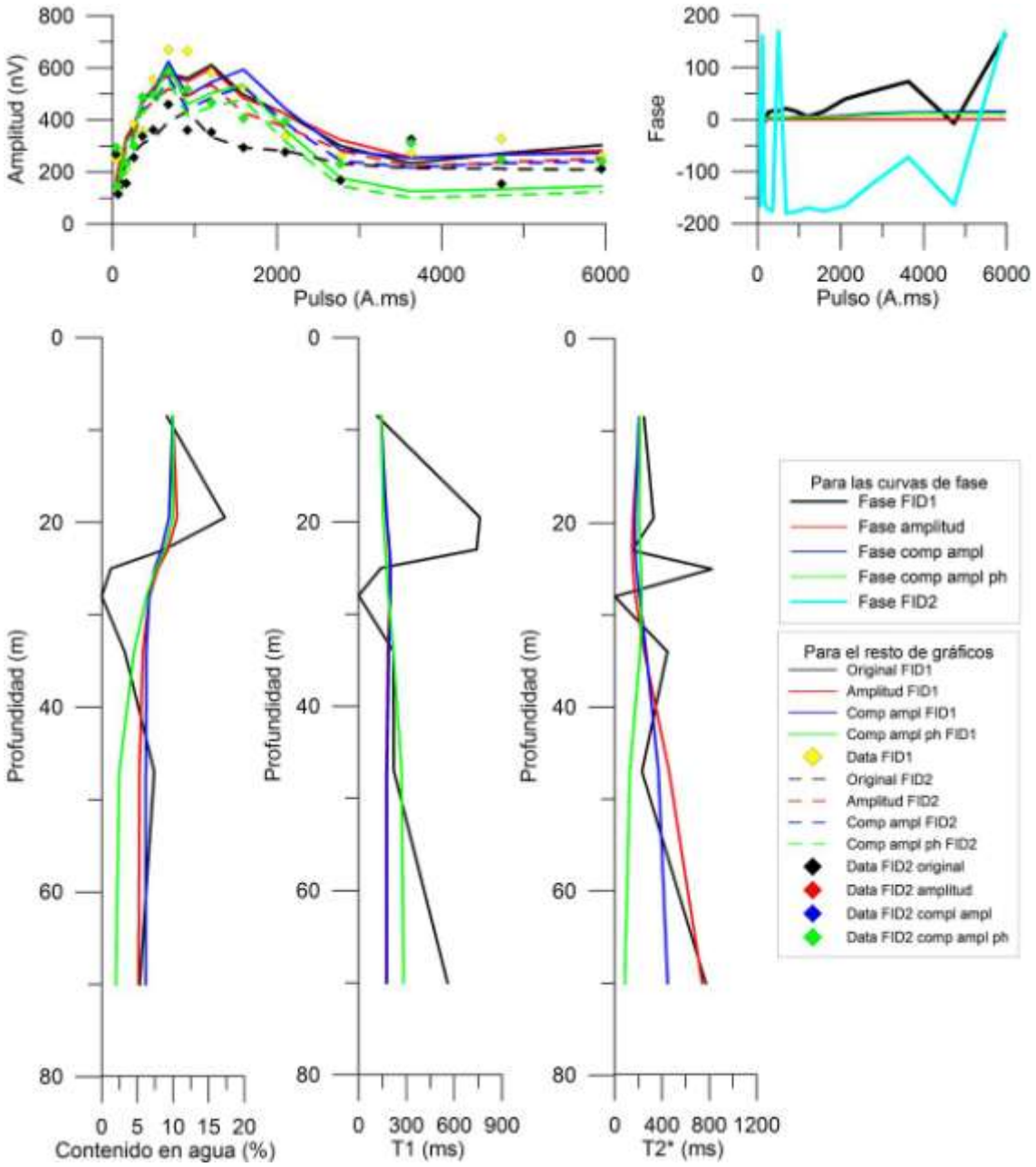
Si observamos el gráfico de cantidad de agua, parece que las curvas nuevas pretenden dar una solución más suavizada que la generada por la V6 estando agrupadas hasta los 27 m profundidad a partir la cual la curva de la V11CAF muestra valores ligeramente inferiores al resto de curvas de inversiones nuevas.

Respecto al gráfico de T1, las curvas nuevas presentan similitud hasta los 30 m, y después la curva de la V11CAF muestra valores superiores al resto de curvas de las inversiones nuevas. La curva de la V6 presenta valores superiores e inferiores a las otras curvas.

Para T2* las curvas de las inversiones nuevas se muestran también agrupadas hasta los 30 m separándose todas a continuación llegando hasta la curva de la V11A hasta los 800 ms, valor semejante al alcanzado por la curva de la V6. La V11A ha presentado el mejor ajuste.

Inversiones del SRM IV-5-1

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-5-1 V11A	***2***	***28,31***	***71,82***	***60,14***
IV-5-1 V11CA	2	28,31	77,99	63,56
IV-5-1 V11CAF	2	28,31	104,34	94,41



Inversiones SRM IV-5-1

SRM IV-5-2

El gráfico de amplitud de este SRM también resulta caótico aunque en menor medida que el de IV-5-1. Es observable la similitud entre las curvas de la V6 y la de la inversión de amplitud, mientras que las curvas de las inversiones complejas parecen semejantes aunque con distintos valores de amplitud, dicha semejanza se rompe a partir de valores de pulso del orden de 3 500 ms. Para las curvas de FID 2 de las inversiones complejas este comportamiento se mantiene, las curvas de las inversiones originales y de la V11Ase parecen pero con distintos valores de amplitud.

Tanto las fases de FID 1 como de FID 2 presentan valores anómalos al comienzo del SRM, y las curvas de las inversiones complejas no muestran ajuste significativo.

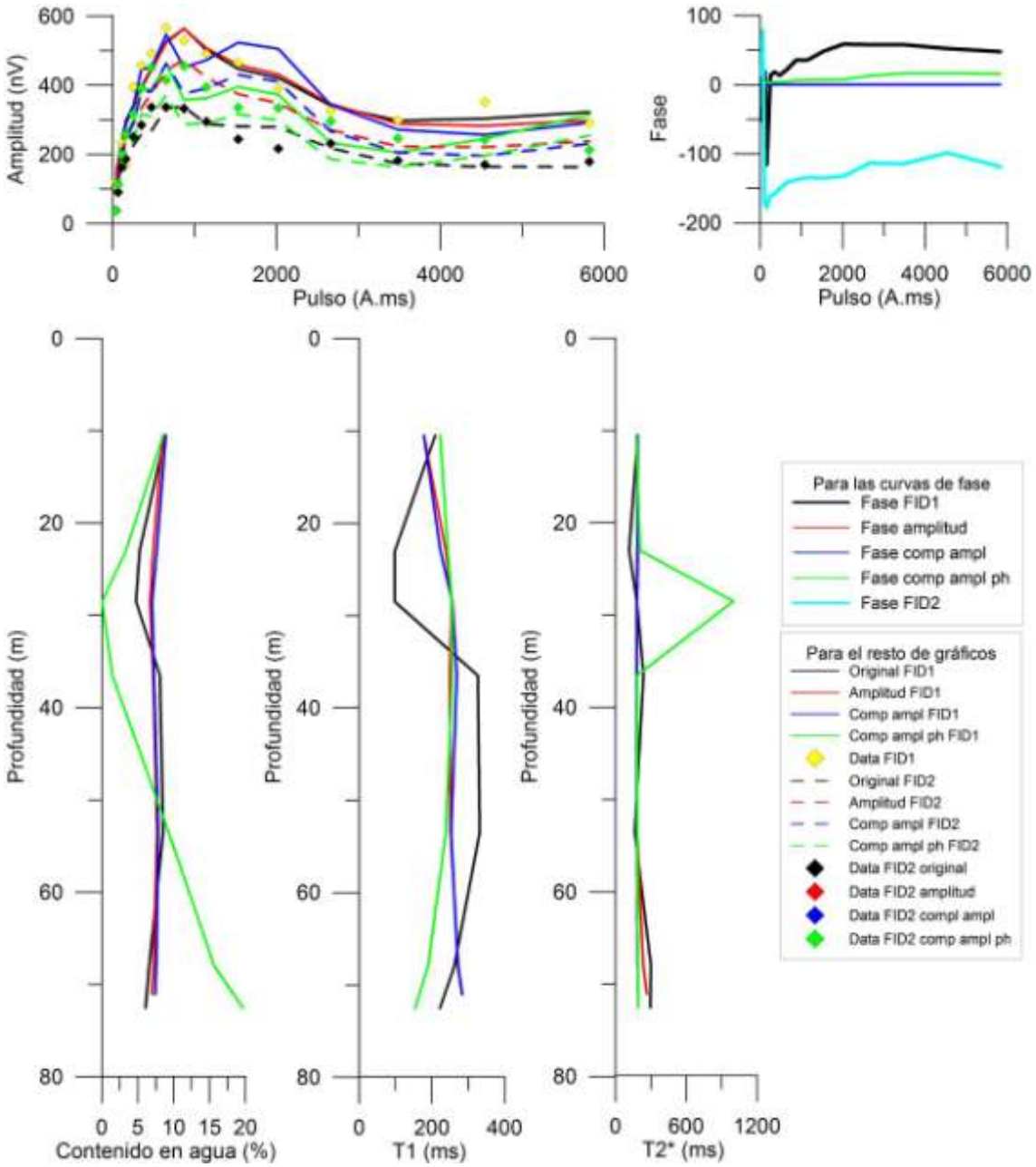
Para el gráfico de cantidad de agua, la solución de la V11A y la de la V11CA son iguales, situándose a medio camino entre los máximos y los mínimos de la curva original. Por su parte, la curva de la V11CAF se muestra totalmente distinta al resto.

En el gráfico de T1 es observable una similitud entre las curvas de las inversiones nuevas, variando la curva de la V11CAF al comienzo y al final. Todas las curvas se sitúan entre mínimos y máximos de la curva de la V6.

Para T2* todas las curvas se aproximan, entre sí. La curva de la V11CAF muestra un pico de valor anómalo a los 30 m de profundidad. La inversión V11A es la que ha presentado un mejor ajuste.

: Inversiones del SRM IV-5-2

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-5-2 V11A	***3,37***	***13,74***	***49,89***	***38,78***
IV-5-2 V11CA	3,37	13,74	57,97	50,40
IV-5-2 V11CAF	3,37	13,74	88,69	81,70



Inversiones SRM IV-5-2

SRM IV-5-6

En las curvas de FID 1 del gráfico de amplitud es observable una similitud entre las curvas de las inversiones a excepción de la forma que presenta el máximo de amplitud de la curva de la V11CAF. Para FID 2 esta similitud se mantiene a excepción, claro, de la curva de la V6 que presenta valores menores.

Respecto las fases, es visible valores anómalos para FID 2, FID 1 presenta un descenso un tanto brusco de la fase que no es reproducido por las inversiones complejas que coinciden en este gráfico.

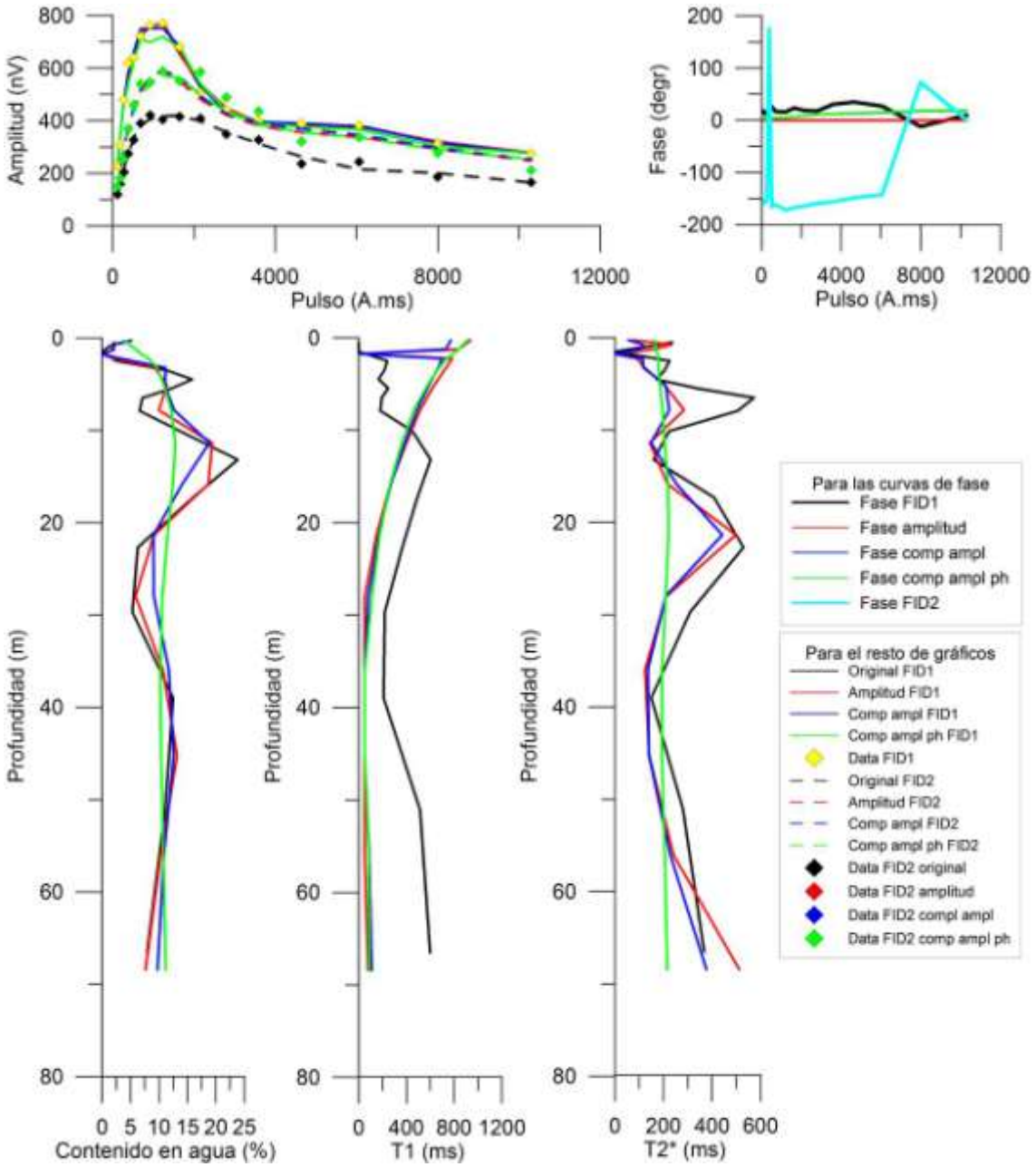
Observando el gráfico de cantidad de agua se puede ver como las curvas de las inversiones de amplitud y compleja de amplitud se asemejan a la curva original siguiendo sus máximos y mínimos. En cuanto a la curva de la V11CAF se refiere se adapta de forma global a los cambios del resto de curvas, pero de una forma más suavizada.

Pasando ahora al gráfico de T1, se puede ver como el comportamiento de las curvas de las inversiones nuevas se asemejan comenzando por valores anómalos sobrepasando los 1 000 ms, en este tramo las curvas de la V11A y de la V11CA muestran un mínimo las dos que la curva de la V11CAF no muestra. A excepción del tramo anómalo inicial, la curva de la V6 presenta valores mayores que los del resto de curvas.

Para finalizar indicar que para T2* las curvas de las inversiones de amplitud y compleja de amplitud se adaptan a la curva de la V6, pero siempre con valores menores, mientras, la curva de la V11CAF muestra un valor casi constante de 200 ms. La inversión que ha presentado menor error en el ajuste del modelo ha sido la V11A.

Inversiones del SRM IV-5-6

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-5-6 V11A	***5,03***	***12,88***	***17,07***	***38,86***
IV-5-6 V11CA	5,03	12,88	18,09	37,26
IV-5-6 V11CAF	5,03	12,88	32,35	36,51



Inversiones SRM IV-5-6

SRM IV-6-1

El gráfico de amplitud de este SRM presenta para FID 1 dos agrupaciones de curvas, una compuesta por la curva de la V6 y por la curva de la inversión de amplitud; la otra agrupación la conforman las dos inversiones complejas. La agrupación de las inversiones complejas se repite para FID 2, no ocurre lo mismo con la otra agrupación ya que la curva de la V6 para FID 2 es de menor amplitud que su homóloga de la inversión de amplitud.

En cuanto a las fases, FID 1 muestra un valor anómalo al comienzo del SRM, y FID 2 un par de puntos anómalos al comienzo y al final del SRM. El ajuste de las inversiones complejas se produce de forma general si adaptarse a la morfología de la curva, las dos inversiones complejas muestran el mismo ajuste.

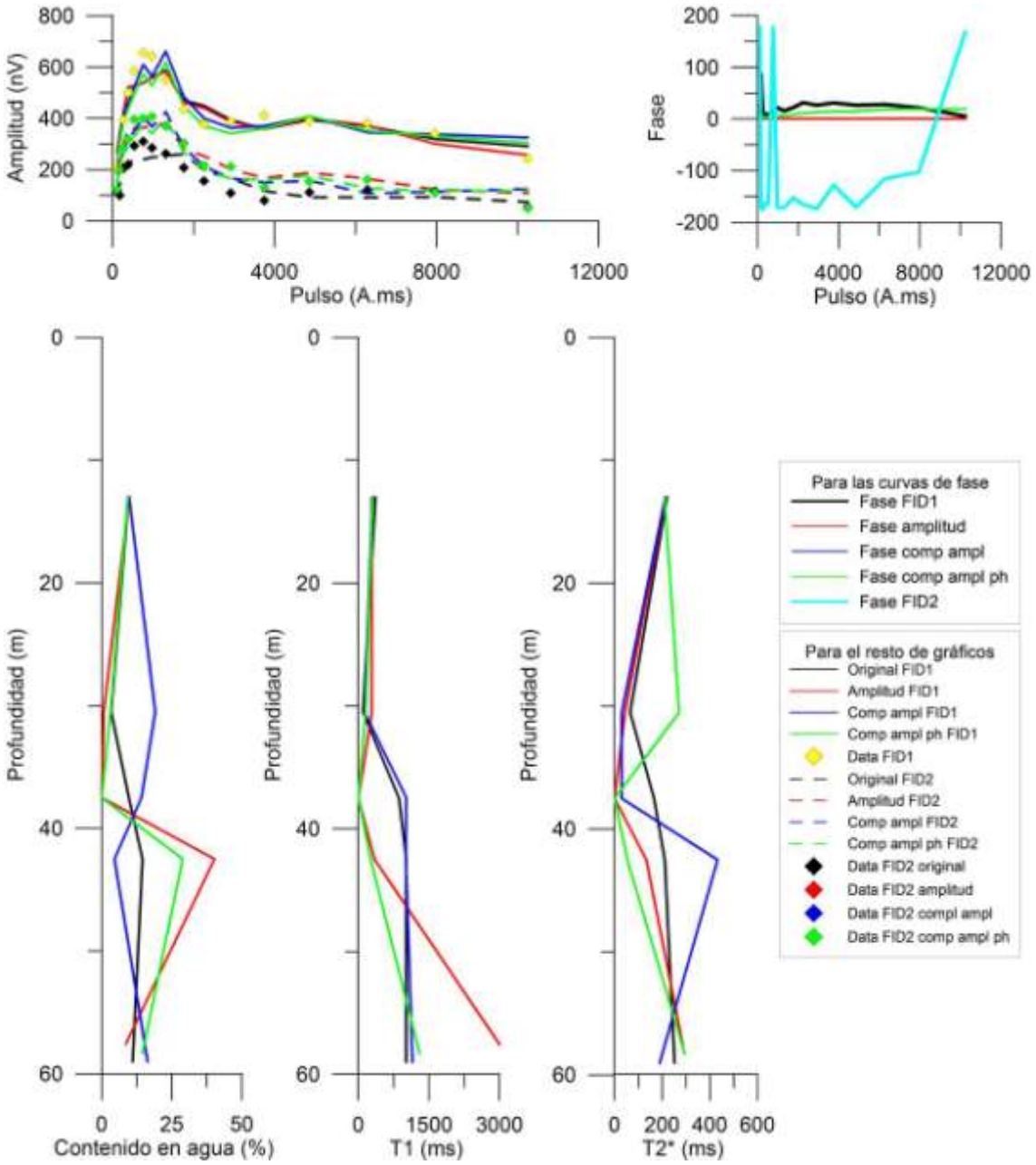
En lo concerniente al gráfico de cantidad de agua, se puede ver como las curvas de las inversiones de amplitud, compleja de amplitud y fase y original siguen patrones parecidos aunque variando los porcentajes, mientras que la curva de la V11CAmuestra máximos y mínimos opuestos a las otras curvas.

Respecto al gráfico de T1 todas las curvas presentan similitud hasta los 30 m de profundidad, después las curvas de la V11A y de la V11CAF van relativamente juntas por un lado, y las curvas de la V6 y de la V11CA juntas por otro lado. Todas las curvas finalizan con valores anómalos de T1.

Por último para T2*, se produce un alineamiento entre las curvas de la V6, la V11A y la inversión compleja de amplitud, este alineamiento se mantiene hasta los 30 m después las curvas se separan entre sí. La curva de la V11CAF se muestra distinta al resto de curvas hasta unos 37 m donde comienza a adoptar una tendencia similar a la de la curva de la inversión de amplitud. Se puede observar que la inversión V11CA es la que menor error de ajuste ha presentado.

Inversiones del SRM IV-6-1

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-6-1 V11A	5,02	11,11	59,13	35,45
IV-6-1 V11CA	***5,02***	***11,11***	***55,67***	***34,6***
IV-6-1 V11CAF	5,02	11,11	58,05	37,27



Inversiones SRM IV-6-1

SRM IV-6-2

Este SRM muestra para el gráfico de amplitud semejanza para FID 1 de las curvas de las inversiones original, de amplitud y compleja de amplitud, esta semejanza no está presente para FID 2 ya que la curva de la V6 de FID 2 presenta como siempre valores menores. Respecto a la curva de la V11CAF muestra un ajuste para FID 1 y FID 2 que difiere mucho del resto, cerrando el SRM con un acuífero con mucha potencia y gran cantidad de agua.

Pasando al gráfico de fases, son observables un par de puntos anómalos para la fase de FID 2, en cuanto al ajuste, el mejor es conseguido por la V11CAF.

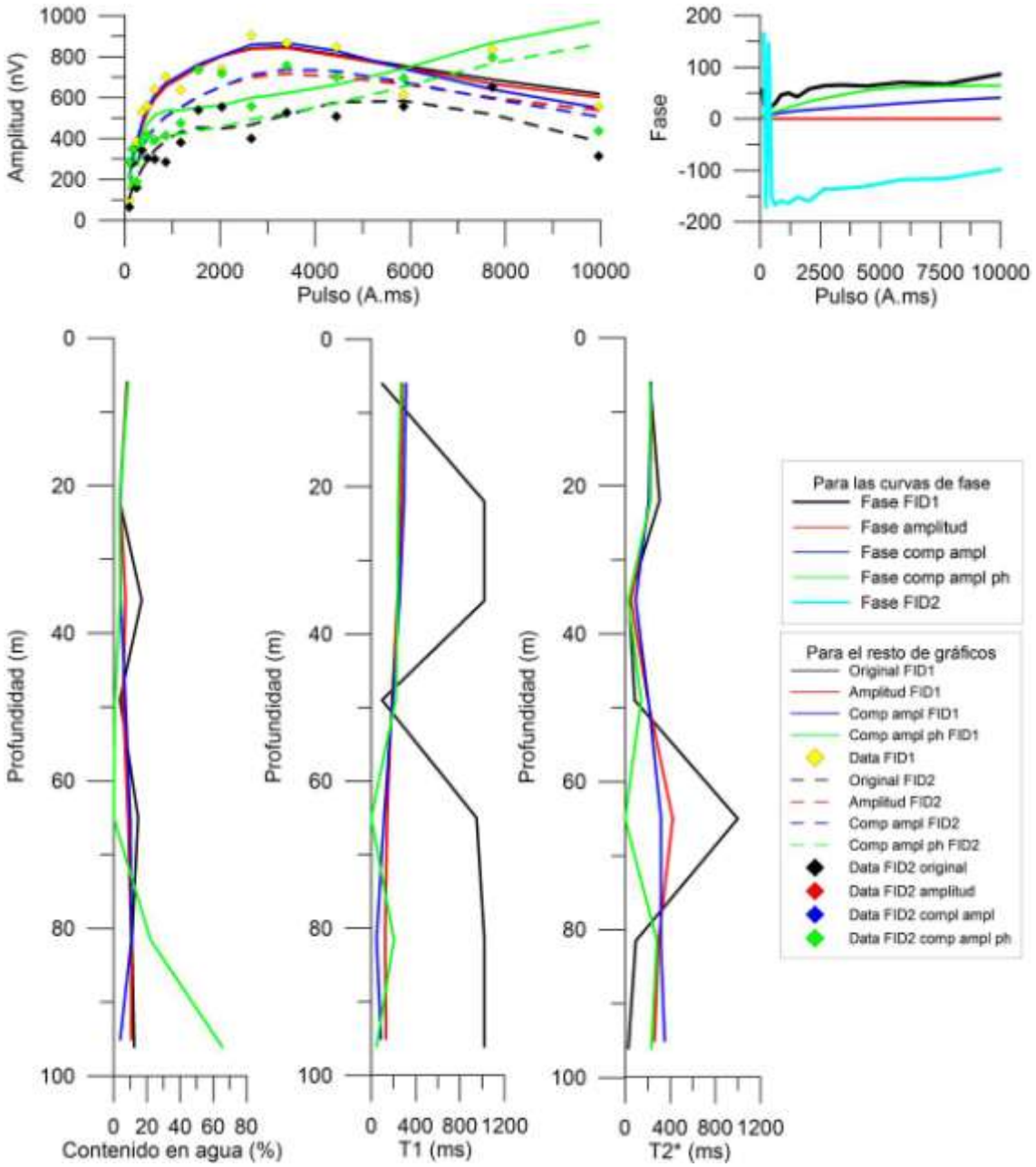
Para el gráfico de cantidad de agua de este SRM se puede ver como la solución generada por la V11CAF carece de sentido llegando al fondo del SRM con cantidades superiores al 60 % en agua. El resto de curvas muestran un comportamiento similar entre sí.

En el gráfico de T1 de este SRM se puede apreciar la mejora de las inversiones nuevas, al reducir los tiempos anómalos que presentaba la V6 (1 000 ms)a tiempos menores y por tanto posibles. Todas las curvas de las nuevas inversiones presentan valores de T1 parecidos, siendo la única curva que sufre fluctuaciones la perteneciente a la V11CAF.

Para T2* las inversiones nuevas presentan también valores menores que lo anómalos presentados por la V6 (superiores a 1 000 ms) situándose cerca entre sí hasta una profundidad de 50 m a partir de donde la curva de la V11CAF se desmarca del resto marcando un mínimo y vuelve a partir de los 80 m a juntarse con el resto de curvas de ls inversiones nuevas. El mejor ajuste ha sido el de V11A.

Inversiones del SRM IV-6-2

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
IV-6-2 V11A	***4,87***	***17,44***	***79,21***	***99,41***
IV-6-2 V11CA	5,02	11,11	80,78	99,02
IV-6-2 V11CAF	5,02	11,11	183,43	171,29



Inversiones SRM IV-6-2

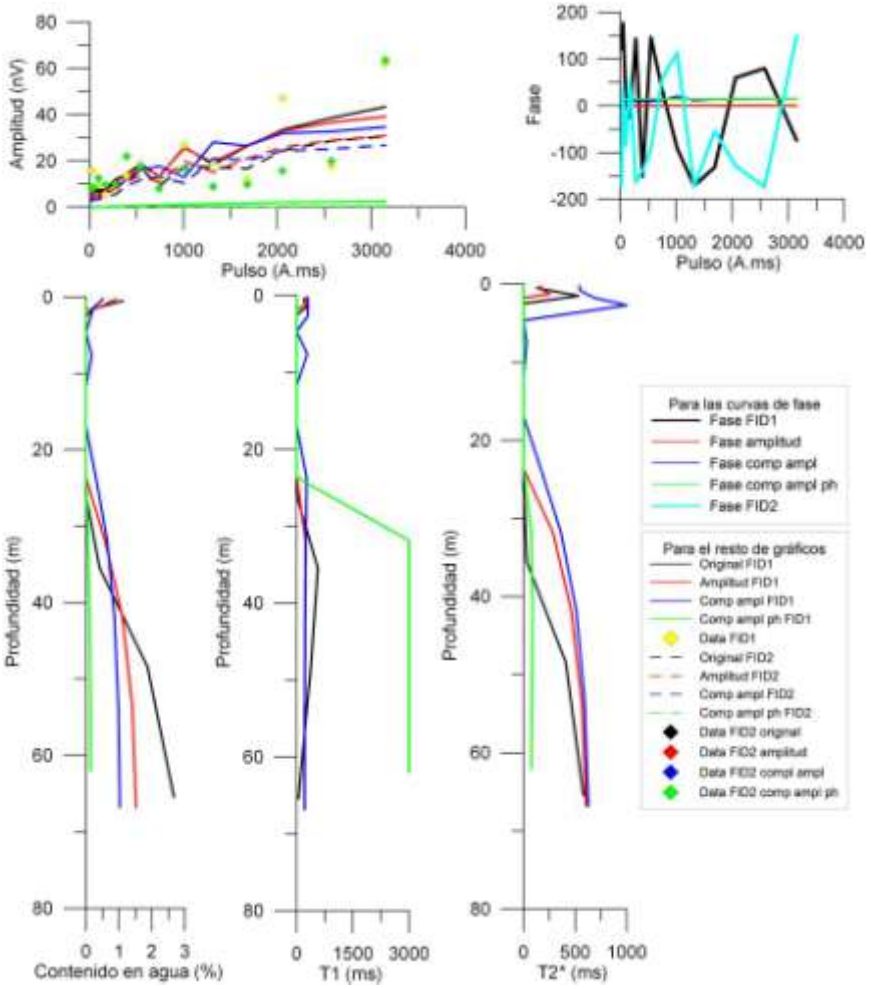
ANEXO F: SRM de Estaña que no aparecen en la memoria

SRM E1

Este SRM ha mostrado una gran inconsistencia tanto en las amplitudes de las señales como en la fase. A partir de los resultados obtenidos no parece existir señal de agua, no existe señal de resonancia claramente visible, los espectros de frecuencias no parecen mostrar máximos que no sean causados por los altos niveles de ruido, que han generado un valor de relación señal-ruido muy bajo con una relación entre ruido externo-ruido interno alta, tal y como se aprecia en la tabla. Por tanto, es imposible sacar cualquier conclusión a partir de este sondeo a excepción de la ausencia de agua

Inversiones SRM E1

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E1 V11A	***1,11***	***3,69***	***10,09***	***10,95***
E1 V11CA	1,11	3,69	11,61	12,45
E1 V11CAF	1,11	3,69	23,84	21,37



SRM E1

SRM E2

Este SRM ha mostrado para la V11CAF un comportamiento ligeramente diferente al mostrado por el resto de inversiones., Inicialmente presenta valores menores de amplitud y al final del SRM ligeramente mayores, lo que se traduce en que mientras que en las inversiones de amplitud y compleja de amplitud aparece el mayor porcentaje de agua 12 %, en torno a los 45 m después disminuye progresivamente hasta un 6 %., La solución que ha propuesto la V11CAF es la de no presentar ése aumento a los 45 m, sino mostrar un ligero aumento de la cantidad de agua con respecto a la profundidad; esto se ha comprobado al observar los archivos .nov de cada inversión y viendo el volumen de agua que cada una de las tres inversiones nuevas presenta desde los 45 m hasta el final del SRM, ofreciendo idénticos resultados para las inversiones de amplitud y compleja de amplitud, y variando del orden de 0,09 m^3/m^2 para la V11CAF.

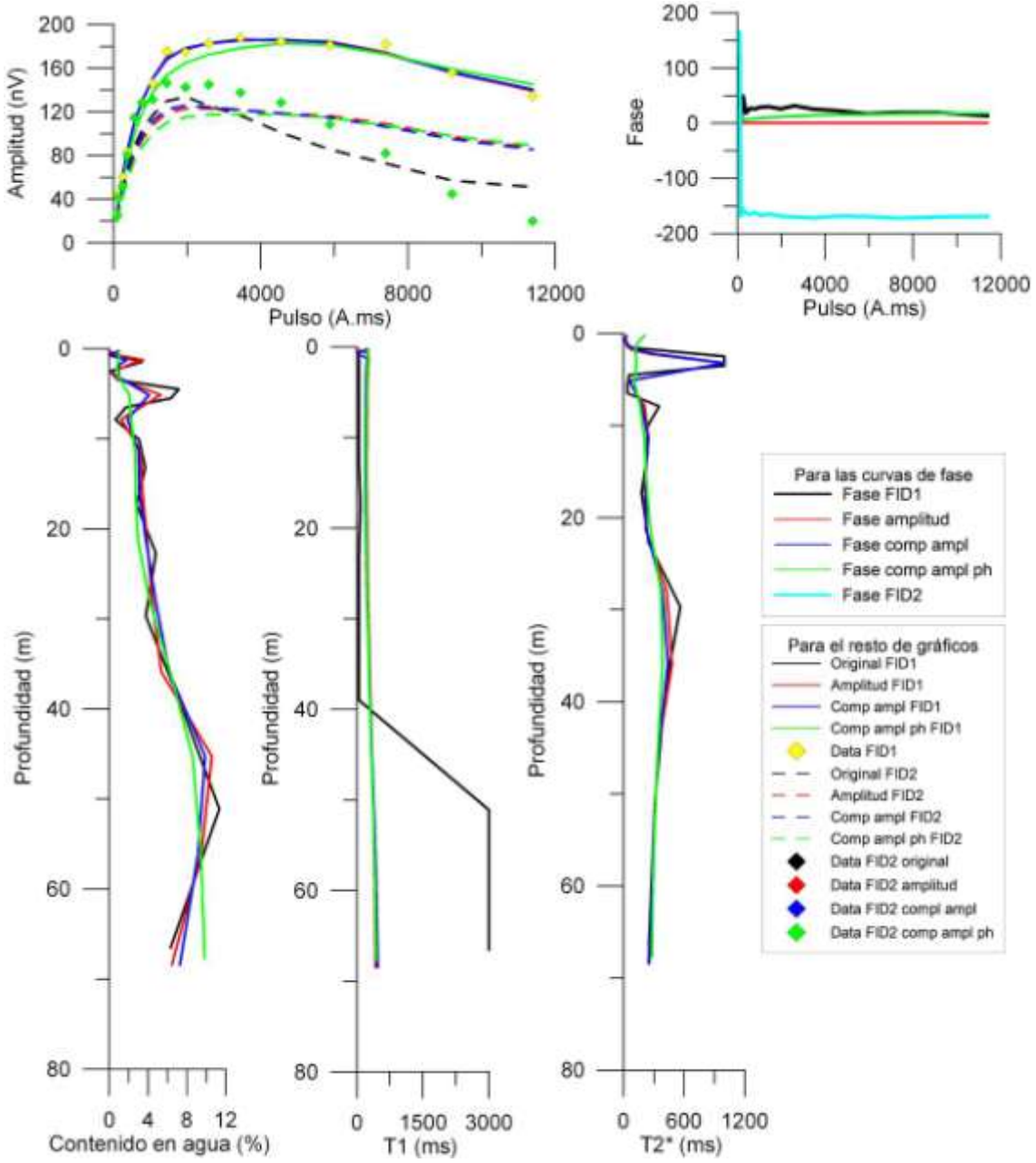
El gráfico de fases manifiesta la presencia de un valor anómalo para FID 2 al comienzo del SRM. Respecto al ajuste de las inversiones complejas parece adecuarse a la forma que presenta la fase de FID 1. En cuanto el gráfico de T1, comentar que las inversiones nuevas han generado modelos similares entre sí pero muy diferentes a los generados por la V6, la cual mostró valores de hasta 3 000 ms.

Por último, para T2* los resultados de las nuevas inversiones han sido similares para todas, exceptuando la curva de la V11CAF, que no ha mostrado un máximo erróneo en torno a 1 200 ms situado al comienzo del SRM, máximo que si ha sido mostrado por el resto de inversiones. Teniendo estos aspectos en cuenta puede deducirse que de las cuatro inversiones mostradas la que aporta mejores resultados parece ser la V11CAF.

Tal y como puede verse en la tabla este SRM tiene una muy buena relación señal-ruido y bajo nivel de ruido externo. De las tres inversiones realizadas la que ha presentado menor error de ajuste ha sido la inversión compleja de amplitud, tabla 34.

Inversiones SRM E2

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E2 V11A	11,98	1,62	3,67	28,74
E2 V11CA	***11,98***	***1,62***	***4,11***	***26,93***
E2 V11CAF	11,98	1,62	9,71	32,26


Amplitud (nV)
Pulso (A.ms)
Fase
Pulso (A.ms)
Profundidad (m)
Contenido en agua (%)
Profundidad (m)
T1 (ms)
Profundidad (m)
T2* (ms)
Para las curvas de fase
Fase FID1
Fase amplitud
Fase comp ampl
Fase comp ampl ph
Fase FID2
Para el resto de gráficos
Original FID1
Amplitud FID1
Comp ampl FID1
Comp ampl ph FID1
Data FID1
Original FID2
Amplitud FID2
Comp ampl FID2
Comp ampl ph FID2
Data FID2 original
Data FID2 amplitud
Data FID2 compl ampl
Data FID2 comp ampl ph

SRM E2

SRM E4

El gráfico de amplitud de este SRM ha mostrado una casi total semejanza entre las curvas de la V6 y la de la inversión de amplitud; no obstante las curvas de las inversiones complejas difieren de las otras dos curvas especialmente para valores de pulso altos. La fase de FID 1 ha producido algún valor desfasado respecto la tendencia general, pero la curva de fase de FID 2 posee más puntos anómalos que han generado unas curvas muy irregulares. Las inversiones complejas han intentado ajustar sus fases a la de FID 1 pero este ajuste no ha sido adecuado, lo único que ha sido remarcable de este gráfico es un repentino aumento en la curva de la V11CAF (tal tipo de aumento no se había encontrado hasta ahora).

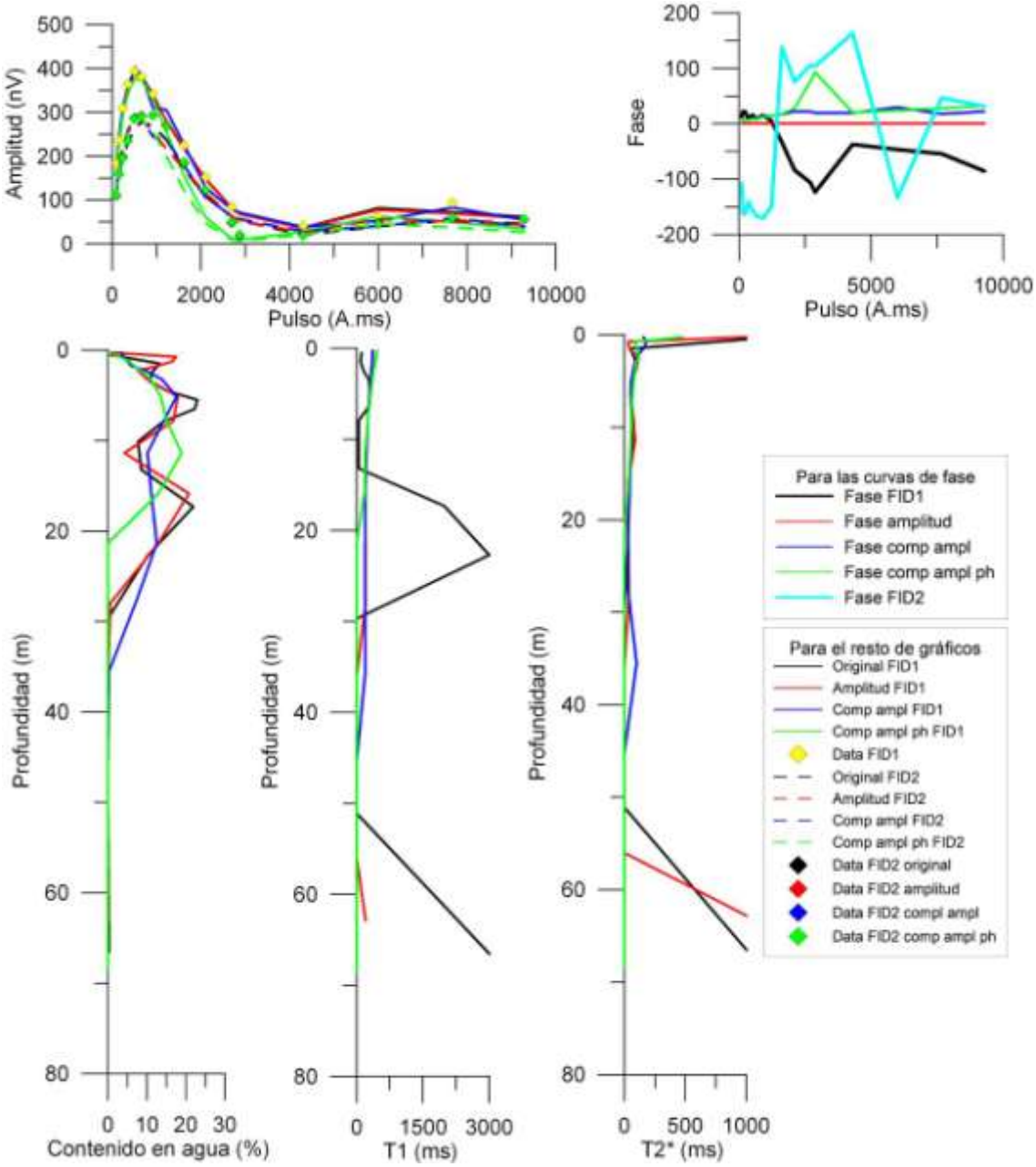
Respecto a la gráfica de la cantidad de agua se pueden observar diferencias entre la curva de la V11CAF y el resto, las cuales parecen asemejarse. La V11CAF ha generado una zona de presencia de agua con menor potencia que las demás inversiones, mientras las otras inversiones han mostrado episodios de variabilidad en el contenido en agua, la curva de la V11CAF no los ha presentado, pudiendo parecer un suavizado de los sucesos de variabilidad mencionados. El esquema de tiempos de T1 establecido por las inversiones nuevas es muy similar habiendo aparecido alguna variación al inicio del SRM. Comentar que mientras en la V6 han aparecido valores anormales de T1, estos no se han mostrado en las nuevas inversiones.

Para T2*las curvas de las inversiones se han agrupado presentando las mayores diferencias al principio del SRM y al final, apareciendo cambios entre las curvas de las inversiones complejas por un lado y las curvas de la V6 y de la V11A por otro.

El SRM E4 ha mostrado, tal y como se puede apreciar en la tabla, nivel bueno de relación señal-ruido y nivel aceptable de relación entre el ruido externo e interno. La inversión que mejor se ha adaptado a los datos ha sido la inversión de amplitud, si bien es cierto que los errores de FID 2 han sido altos para las tres inversiones.

Inversiones SRM E4

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E4 V11A	***8,44***	***1,93***	***8,83***	***21,3***
E4 V11CA	8,44	1,93	16,22	20,36
E4 V11CAF	8,44	1,93	39,57	35


Amplitud (nV)
Pulso (A.ms)
Fase
Pulso (A.ms)
Profundidad (m)
Contenido en agua (%)
Profundidad (m)
T1 (ms)
Profundidad (m)
T2* (ms)
Para las curvas de fase
Fase FID1
Fase amplitud
Fase comp ampl
Fase comp ampl ph
Fase FID2
Para el resto de gráficos
Original FID1
Amplitud FID1
Comp ampl FID1
Comp ampl ph FID1
Data FID1
Original FID2
Amplitud FID2
Comp ampl FID2
Comp ampl ph FID2
Data FID2 original
Data FID2 amplitud
Data FID2 compl ampl
Data FID2 comp ampl ph

SRM E4

SRM E5

En este SRM tal y como se ha observado en el gráfico de amplitud, la V11CAF no presenta un ajuste bueno a los datos, ha mostrado niveles de amplitud mucho más bajos que el resto de inversiones lo que se traduce en unas cantidades de agua de poco más del 5 %, mientras que las otras inversiones han llegado hasta casi un 30 %. El resto de inversiones han mostrado un aspecto similar en el gráfico de amplitud y por tanto similar también en el gráfico de contenido en agua. Se ha producido una variación de la morfología de la curva perteneciente a la V6 haciendo parecer que las curvas de las inversiones de amplitud y compleja de amplitud sean una versión más suavizada que la V6. Se ha observado un paralelismo entre los tiempos de T1 para todas las curvas de las inversiones nuevas, se mantienen aproximadamente los tiempos de T1 para cada capa, pero parece que existe algún parámetro influyente en la inversión que ha generado que la cantidad de agua que ha presentado la V11CAF sea menor. Los tiempos de T1 designados por la V6 son mayores (hasta 3 000 ms) que los del resto de inversiones, por lo que se observa en este aspecto una mejora por parte del nuevo programa. Indicar también que la V6 no ha sido capaz de ajustarse correctamente a los datos de FID 2.

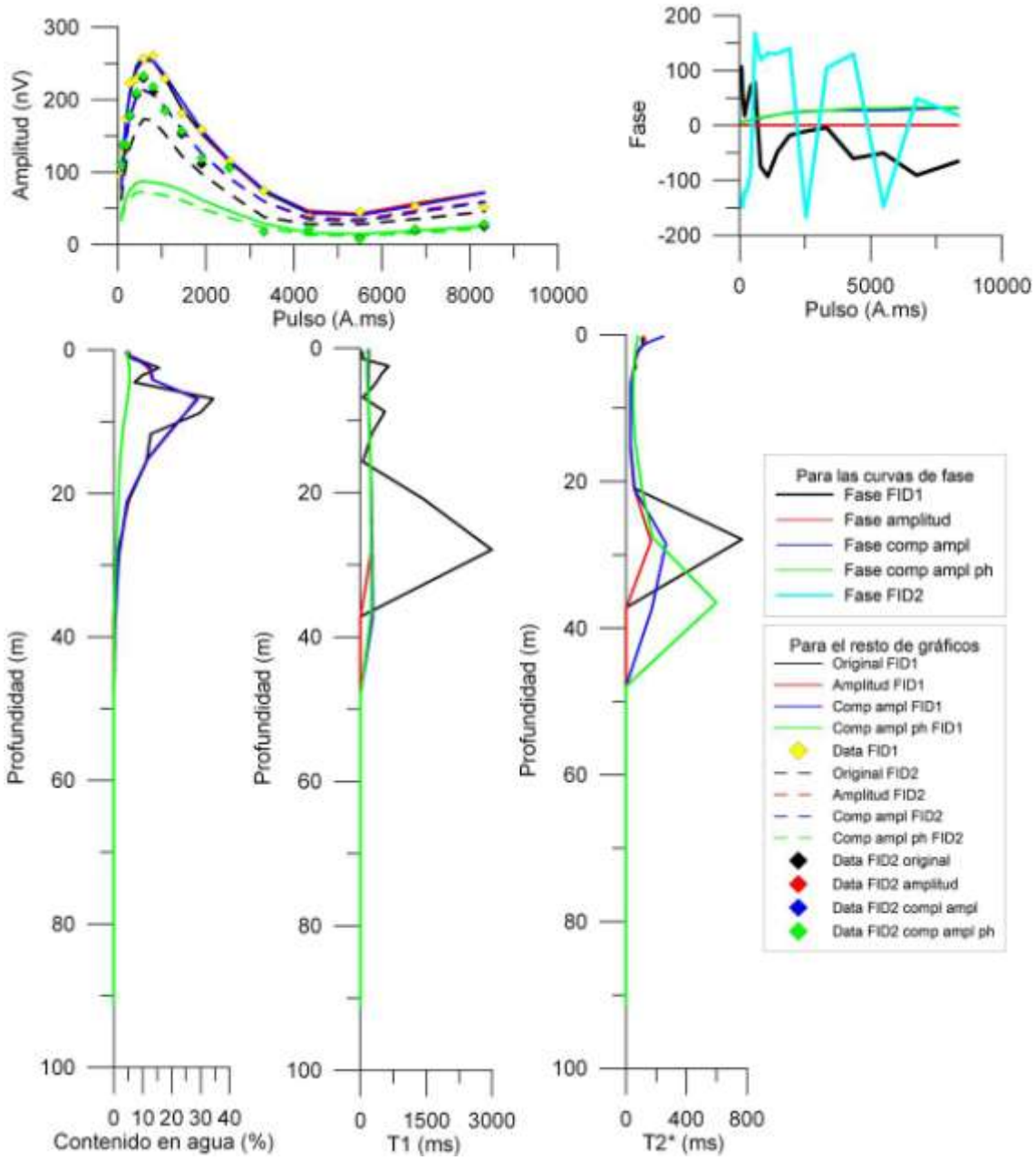
Se ha apreciado observando el gráfico de fase la presencia de valores anómalos para FID 2 el cual ha mostrado una fase muy errática en contraposición a la de FID 1 que ha sido más estable, aunque ha presentado variaciones bruscas. El ajuste de fase generado por las inversiones complejas es nulo, puede ser que las oscilaciones de fase de FID 2 estén indicando que no es señal de resonancia. Sin embargo la calidad de estos registros, tanto para el primer como para el segundo pulso, es muy buena, permitiendo obtener curvas e(t) creíbles.

Por último, el gráfico de T2* ha mostrado para las inversiones V6, V11A y V11CAF un comportamiento similar, a excepción de un máximo que las tres inversiones han generado en la misma posición (a unos 30 m de profundidad) y en el que las inversiones han diferido en términos de valor de T2*, presentando los valores mayores la V6, seguida de la V11CAF y los menores generados por la inversión V11A. La curva de la V11CAF también ha presentado semejanza con el resto de curvas a excepción de la posición del citado máximo, el cual en esta curva ha aparecido a una profundidad unos 10 m mayor que en las otras curvas, mostrando valores cercanos a los de la V6.

El SRM E5 ha presentado nivel regular de relación señal-ruido y nivel malo de relación ruido externo-ruido interno, siendo la V11CA la que menos error ha generado al ajustarse a los datos. Es necesario comentar además los grandes niveles de error que ha mostrado la V11CAF.

Inversiones SRM E5

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E5 V11A	4,9	2,62	8,4	21,42
E5 V11CA	***4,9***	***2,62***	***7,86***	***20,5***
E5 V11CAF	4,9	2,62	107,36	91,2


Amplitud (nV)
Pulso (A.ms)
Fase
Pulso (A.ms)
Profundidad (m)
Contenido en agua (%)
Profundidad (m)
T1 (ms)
Profundidad (m)
T2* (ms)
Para las curvas de fase
Fase FID1
Fase amplitud
Fase comp ampl
Fase comp ampl ph
Fase FID2
Para el resto de gráficos
Original FID1
Amplitud FID1
Comp ampl FID1
Comp ampl ph FID1
Data FID1
Original FID2
Amplitud FID2
Comp ampl FID2
Comp ampl ph FID2
Data FID2 original
Data FID2 amplitud
Data FID2 compl ampl
Data FID2 comp ampl ph

SRM E5

SRM E6

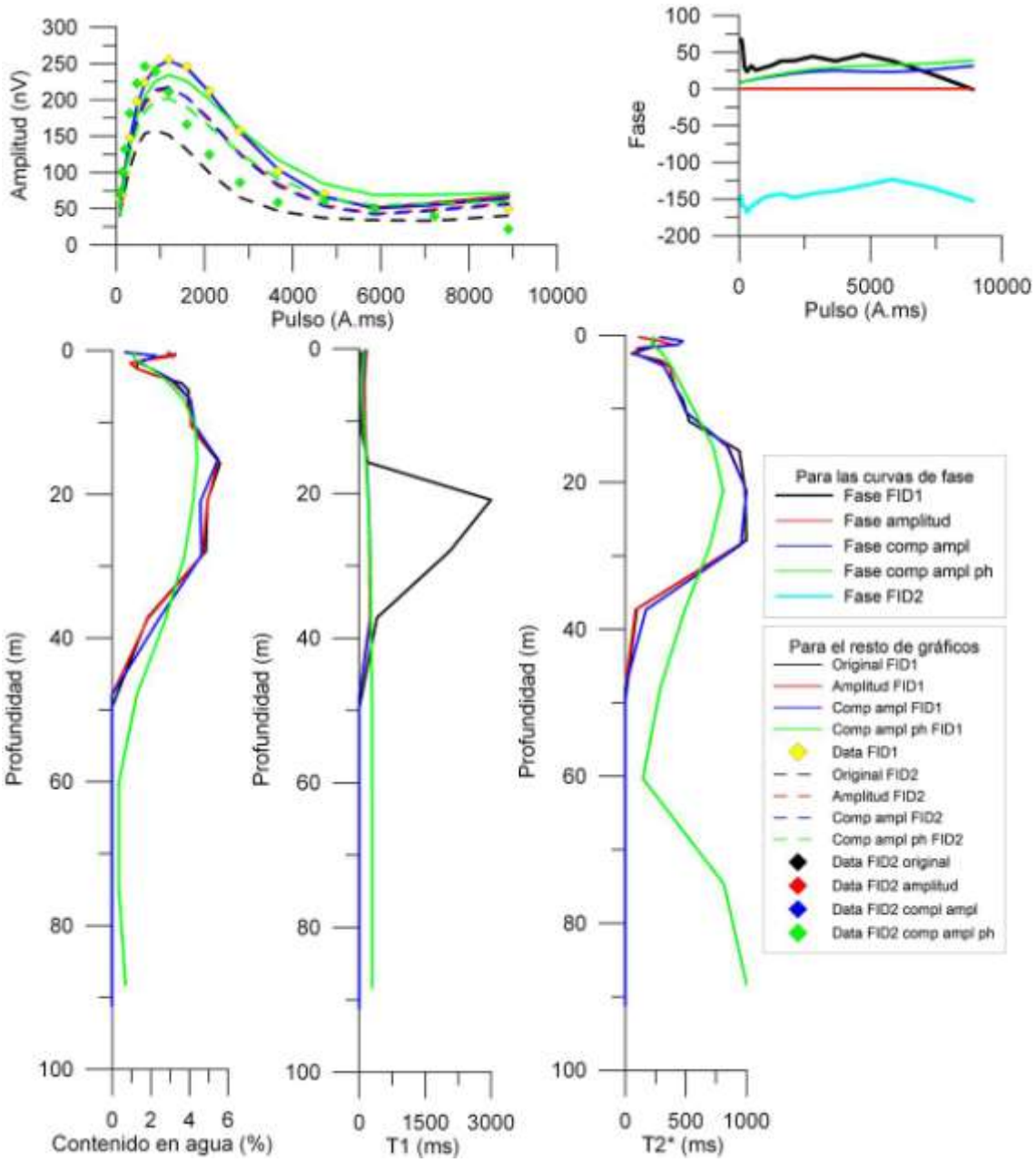
El gráfico de amplitud de este SRM ha mostrado una similitud perfecta entre las curvas de la V6 y la perteneciente a la inversión V11A, dicha similitud sólo ha aparecido para FID 1. Para FID 2 también existe pero presentan zonas con distintos valores. Respecto a las curvas de las inversiones complejas, ambas muestran ciertos parecidos con las otras dos inversiones, especialmente la solución de la V11A; en cambio la V11CAF ha generado un modelo que muestra un acuífero al comienzo del SRM pero con menor cantidad de agua y mayor potencia pasando en profundidad a mostrar cantidades superiores de amplitud respecto al resto. Las fases no han mostrado valores anómalos, no obstante el modelado generado por las inversiones complejas parece no adaptarse a la forma de la curva especialmente para valores altos de pulso.

Mientras que las inversiones de amplitud y compleja de amplitud y fase han generado un modelo de T1 reducido a los primeros 40 m, profundidad máxima a la que aparece agua en estos modelos, en la solución generada por la V11CAF se ha mostrado esta primera etapa de 40 m pero después llega a mostrar los mayores valores de T1 al final del SRM. La V6 ha mostrado valores anómalos de T1 (cercanos a los 3 000 ms) en torno a los 25 m difiriendo unos 5m de la profundidad del máximo generado para la cantidad de agua. Respecto a T2*, las soluciones mostradas por todas las inversiones, a excepción de la compleja de amplitud y fase, han coincidido marcando valores anómalos de unos 1 000 ms. La curva de la V11CAF ha parecido seguir la tendencia del resto de curvas pero con valores de T2* ligeramente diferentes, aun así ha presentado también valores de 1 000 ms.

Este SRM ha mostrado un nivel bueno de relación señal-ruido y un nivel malo en la relación entre ruido externo y ruido interno. La inversión que ha presentado menores niveles de error ha sido la V11CA. Para todas las inversiones el error en el ajuste de FID 2 ha sido elevado.

Inversiones SRM E6

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E6 V11A	7,5	3,1	6,75	35,32
E6 V11CA	***7,5***	***3,1***	***6,3***	***33,14***
E6 V11CAF	7,5	3,1	16,66	37,19


Amplitud (nV)
Pulso (A.ms)
Fase
Pulso (A.ms)
Profundidad (m)
Contenido en agua (%)
Profundidad (m)
T1 (ms)
Profundidad (m)
T2* (ms)
Para las curvas de fase
Fase FID1
Fase amplitud
Fase comp ampl
Fase comp ampl ph
Fase FID2
Para el resto de gráficos
Original FID1
Amplitud FID1
Comp ampl FID1
Comp ampl ph FID1
Data FID1
Original FID2
Amplitud FID2
Comp ampl FID2
Comp ampl ph FID2
Data FID2 original
Data FID2 amplitud
Data FID2 compl ampl
Data FID2 comp ampl ph

SRM E6

SRM E7

Este SRM ha mostrado bajas amplitudes de señal, no obstante ha sido perceptible la existencia de resonancia en los espectros y en las curvas de cada pulso. A pesar de esto, para FID 1 se obtiene un buen ajuste de las inversiones a excepción de la V11CAF. Para FID 2 el ajuste es peor en general y las curvas que mejor ajuste han generado han sido la original y la V11CAF. Se ha observado en el gráfico de fase la existencia de varios puntos anómalos tanto para FID 1 como para FID 2.

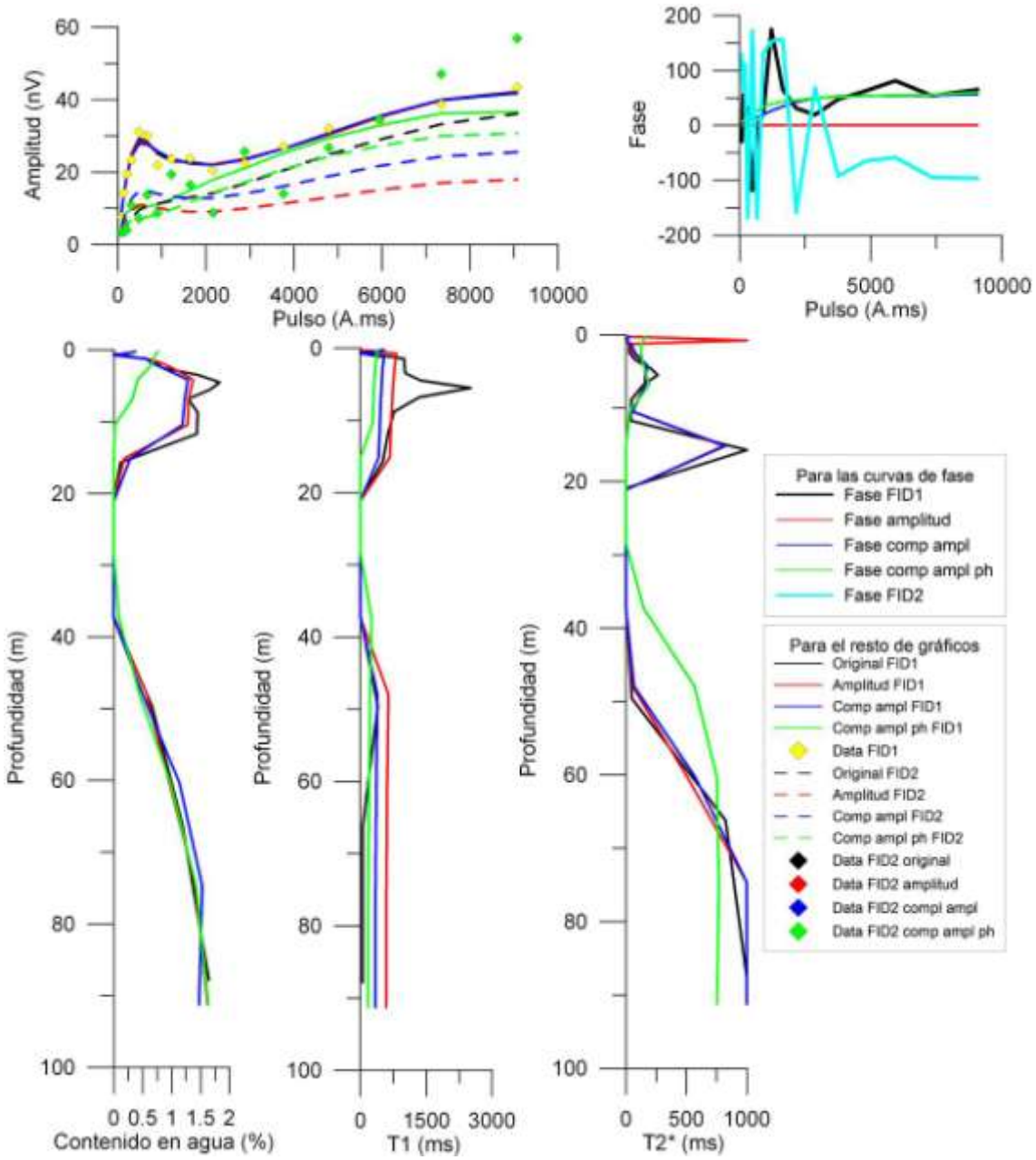
Como resultado de las inversiones las cantidades de agua resultantes de la inversión son pequeñas; cantidades agua de la V6, V11A y V11CA han sido semejantes. La curva de la V11CA muestra valores distintos al inicio del SRM pero a partir de los 20 m parece ajustarse al resto de inversiones. Los resultados obtenidos para T1 por las inversiones V11 han sido parecidos pero con diferentes valores, siendo menores al comienzo respecto a los de la V6 y mayores al final del SRM. Indicar que los tiempos presentados por la V11A son los mayores, alcanzando los 800 ms, seguidos por los tiempos de la V11CAy los de la V11CAF.

Las curvas de la V6, de amplitud y compleja de amplitud y fase han mostrado valores semejantes exceptuando un máximo que sólo ha generado la inversión de amplitud. Este grupo de curvas ha llegado a valores de 1 000 ms y la curva de la V11CAF a valores de unos 750 ms.

Tal y como se puede observar en la tabla la relación señal-ruido ha sido mala pero la relación entre el ruido externo y el interno ha sido regular. La inversión que ha mostrado menores niveles de error ha sido la inversión compleja de amplitud.

Inversiones SRM E7

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E7 V11A	2,38	1,74	1,67	14,65
E7 V11CA	***2,38***	***1,74***	***1,72***	***11,39***
E7 V11CAF	2,38	1,74	9,86	9,24


Amplitud (nV)
Pulso (A.ms)
Fase
Pulso (A.ms)
Profundidad (m)
Contenido en agua (%)
Profundidad (m)
T1 (ms)
Profundidad (m)
T2* (ms)
Para las curvas de fase
Fase FID1
Fase amplitud
Fase comp ampl
Fase comp ampl ph
Fase FID2
Para el resto de gráficos
Original FID1
Amplitud FID1
Comp ampl FID1
Comp ampl ph FID1
Data FID1
Original FID2
Amplitud FID2
Comp ampl FID2
Comp ampl ph FID2
Data FID2 original
Data FID2 amplitud
Data FID2 compl ampl
Data FID2 comp ampl ph

SRM E7

SRM E8

Los resultados obtenidos en este SRM (en el que no fue medido T1) han mostrado una igualdad casi total entre todas las inversiones a excepción de la V11CAF, la cual ha tenido un comportamiento distinto que el resto, especialmente para los valores altos de pulso. Esto se ha observado también en el gráfico de contenido de agua en el que se ha apreciado la similitud de respuestas entre las inversiones V6, V11A y V11CA. La V11CAF parece mostrar un aspecto más suavizado del resto de las curvas.

En cuanto el gráfico de fase se ha observado la fase de FID 1 y se ha observado así mismo que las inversiones complejas no se ajustan en absoluto a esta fase.

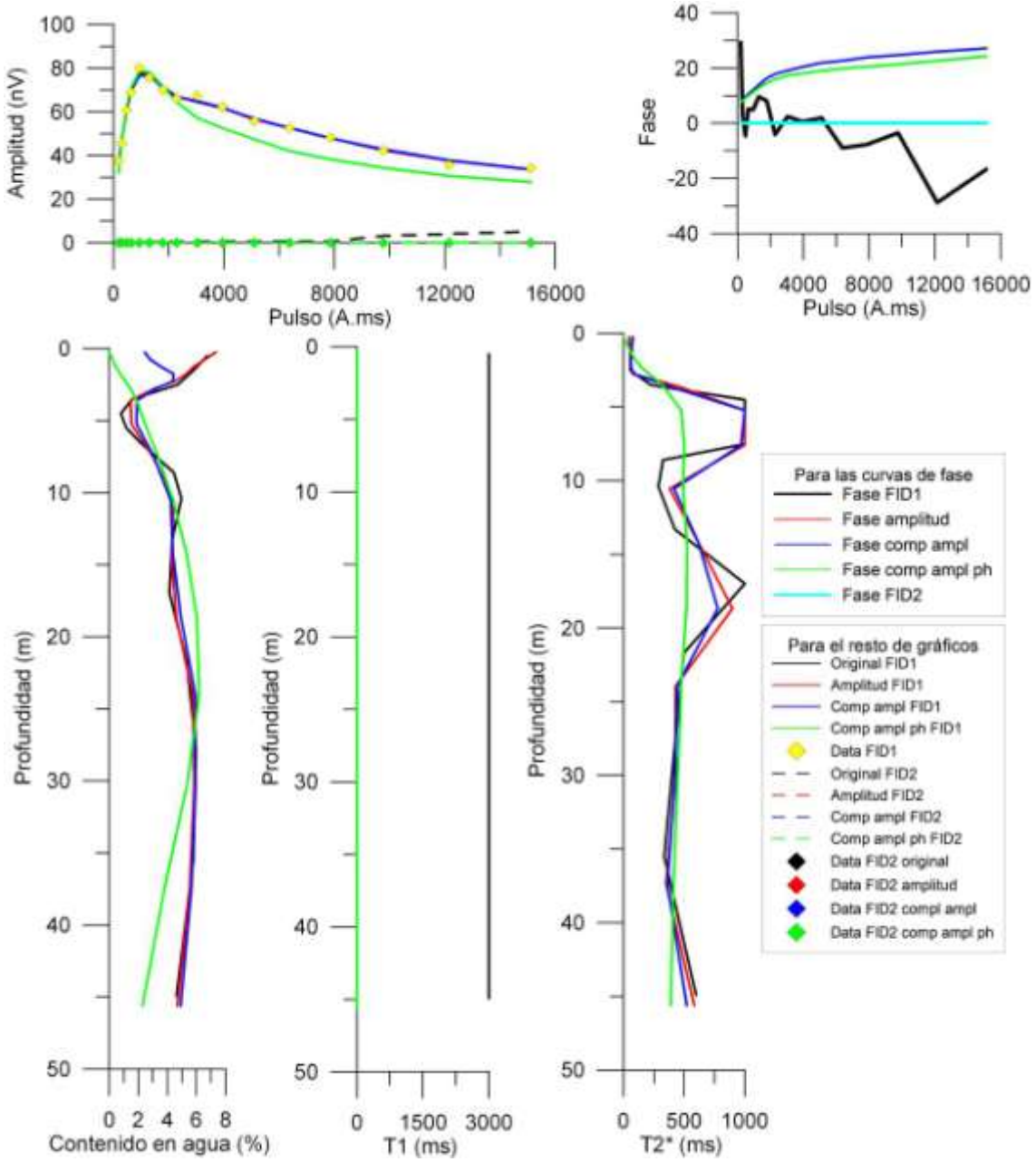
En el gráfico de T2* se ha seguido observando la similitud de las curvas de las inversiones V6, V11A y V11CA, las cuales presentan máximos de 1 000 ms, valores anómalos al indicar valores de agua libre. Tal y como ha ocurrido en los gráficos de amplitud y de cantidad de agua, la curva de T2* de la V11CAF ha sido diferente al resto de las curvas obteniendo valores máximos en torno a los 530 ms, valor indicativo de gravas, por lo que es más posible esta solución que la generada por las otras inversiones.

En las cercanías del SRM E8 se encontraba un sondeo mecánico, el S-3b, que presenta una profundidad máxima de 49,2 m y mostrando todo el sondeo facies Muschelkalk y existiendo tramos arcillosos a profundidades entre los seis y quince metros, entre los veinticuatro y treinta metros y a cuarenta y cinco metros. La posición del nivel piezométrico, a siete metros de profundidad, parece mostrarse con un aumento en las curvas de contenido en agua para las inversiones anteriormente comentadas.

Respecto al valor de señal/ruido que aparece en la tabla se puede definir como bueno, al igual que el valor de ruido externo entre ruido interno. La inversión que ha mostrado un mejor ajuste a los datos ha sido la inversión de amplitud.

Inversiones SRM E8

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E8 V11A	***8,2***	***1,13***	***1,48***	**-**
E8 V11CA	8,2	1,13	1,51	-
E8 V11CAF	8,2	1,13	6,42	-


Amplitud (nV)
Pulso (A.ms)
Fase
Pulso (A.ms)
Profundidad (m)
Contenido en agua (%)
Profundidad (m)
T1 (ms)
Profundidad (m)
T2* (ms)
Para las curvas de fase
Fase FID1
Fase amplitud
Fase comp ampl
Fase comp ampl ph
Fase FID2
Para el resto de gráficos
Original FID1
Amplitud FID1
Comp ampl FID1
Comp ampl ph FID1
Data FID1
Original FID2
Amplitud FID2
Comp ampl FID2
Comp ampl ph FID2
Data FID2 original
Data FID2 amplitud
Data FID2 compl ampl
Data FID2 comp ampl ph

SRM E8

SRM E9

Las curvas teóricas correspondientes a los modelos obtenidos con los diferentes métodos de inversión (gráfico $E_0(q)$) son, como en los SRM anteriormente analizados, muy similares. La curva correspondiente a la V11CAF es de menor amplitud para momentos superiores a unos 4 000 A.ms, eliminando por tanto los falsos efectos producidos por acuífero somero. Esto se manifiesta igualmente en la distribución de la porosidad (gráfico w(z) de la Figura 11), que en cualquier caso resulta con variaciones más suaves para las inversiones realizadas con el método V11 que con el V6.

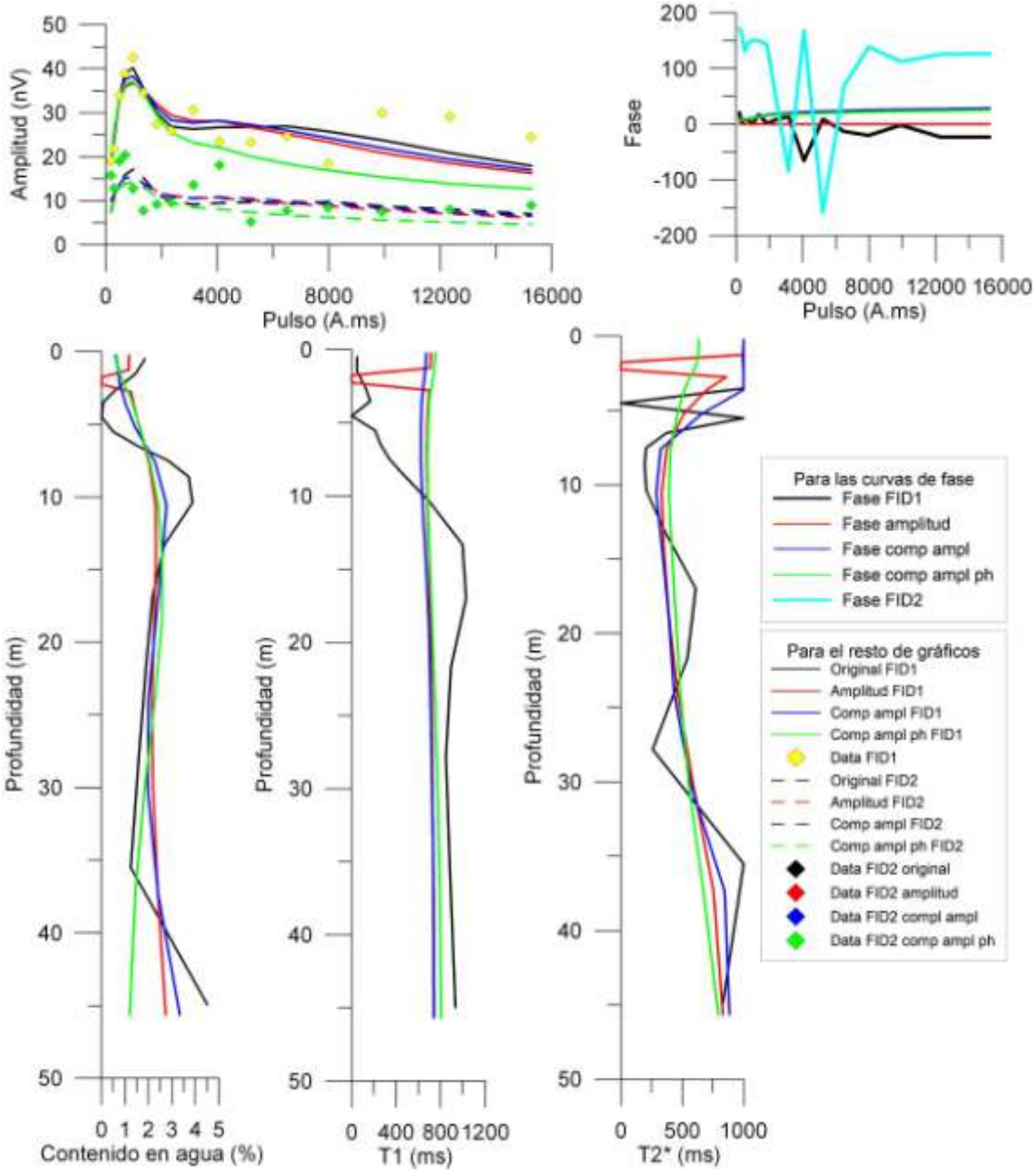
El gráfico de fase ha resaltado la inestabilidad de la fase de FID2 mostrando un par de valores anómalos. El ajuste de las inversiones complejas a la fase ha sido muy reducido realizándose únicamente para los primeros pulsos.

En cuanto los tiempos de decaimiento las tres inversiones V11 han generado valores muy parecidos para T1, con valores máximos de 810 ms, mientras que la V6 ha producido valores mayores que las inversiones V11 a partir de los 10 m de profundidad. Para T2* el comportamiento ha sido similar, si bien se ha presentado mayor variabilidad hasta los 8m de profundidad, después la similitud entre curvas se ha restablecido y como en otros casos parecen ser una versión más suavizada de la V6.

El nivel de la relación señal/ruido ha sido regular y la relación ruido externo/ruido interno ha sido buena para este SRM. De las tres inversiones que se han realizado para este SRM la que ha presentado un menor error de ajuste ha sido la inversión compleja de amplitud.

Inversiones SRM E9

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E9 V11A	4,47	1,07	5,11	4,38
E9 V11CA	***4,47***	***1,07***	***4,69***	***4,19***
E9 V11CAF	4,47	1,07	6,87	4,7


Amplitud (nV)
Pulso (A.ms)
Fase
Pulso (A.ms)
Profundidad (m)
Contenido en agua (%)
Profundidad (m)
T1 (ms)
Profundidad (m)
T2* (ms)
Para las curvas de fase
Fase FID1
Fase amplitud
Fase comp ampl
Fase comp ampl ph
Fase FID2
Para el resto de gráficos
Original FID1
Amplitud FID1
Comp ampl FID1
Comp ampl ph FID1
Data FID1
Original FID2
Amplitud FID2
Comp ampl FID2
Comp ampl ph FID2
Data FID2 original
Data FID2 amplitud
Data FID2 compl ampl
Data FID2 comp ampl ph

SRM E9

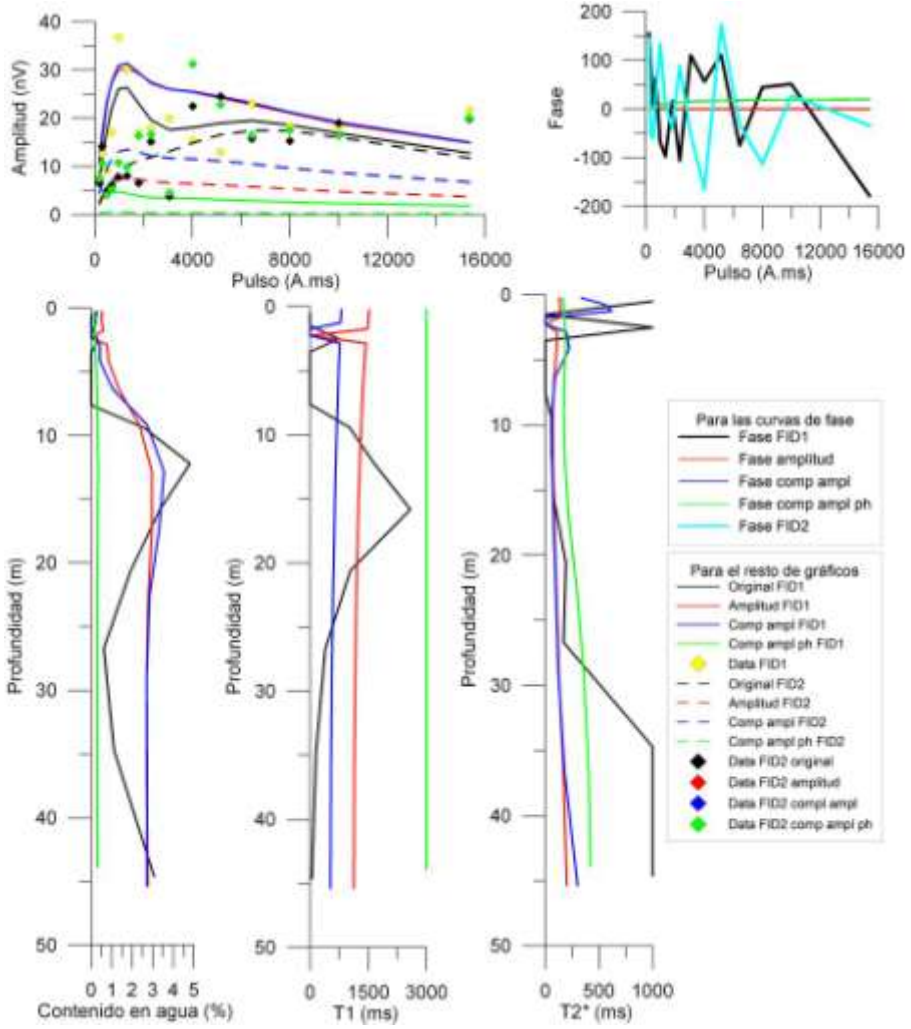
SRM E11

Este SRM ha mostrado altos niveles de ruido tal y como se aprecia en los espectros de frecuencia y en la relación señal/ruido de este SRM. No existe señal para este SRM, por lo que no puede ser interpretado ni cualitativa ni cuantitativamente.

Este SRM ha mostrado valores malos en la relación señal/ruido y buenos en la relación existente entre el ruido externo e interno. La inversión que ha presentado menores niveles de error ha sido la inversión compleja de amplitud.

Inversiones SRM E11

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E11 V11A	1,99	1,82	8,86	11,04
E11 V11CA	***1,99***	***1,82***	***8,56***	***8,38***
E11 V11CAF	1,99	1,82	22,75	15,49



SRM E11

SRM E12

En general el comportamiento que han presentado las inversiones en este SRM ha sido el agrupamiento de las inversiones complejas por un lado y la V6 y de amplitud por otro. En el gráfico de amplitud para FID 1 se ha observado tal comportamiento a pesar de las diferencias de las inversiones complejas que aun así han mostrado la misma morfología pero con valores menores de la V11CAF. El comportamiento para FID 2 ha sido distinto agrupándose las curvas de las inversiones nuevas diferenciándose del ajuste realizado por la V6.

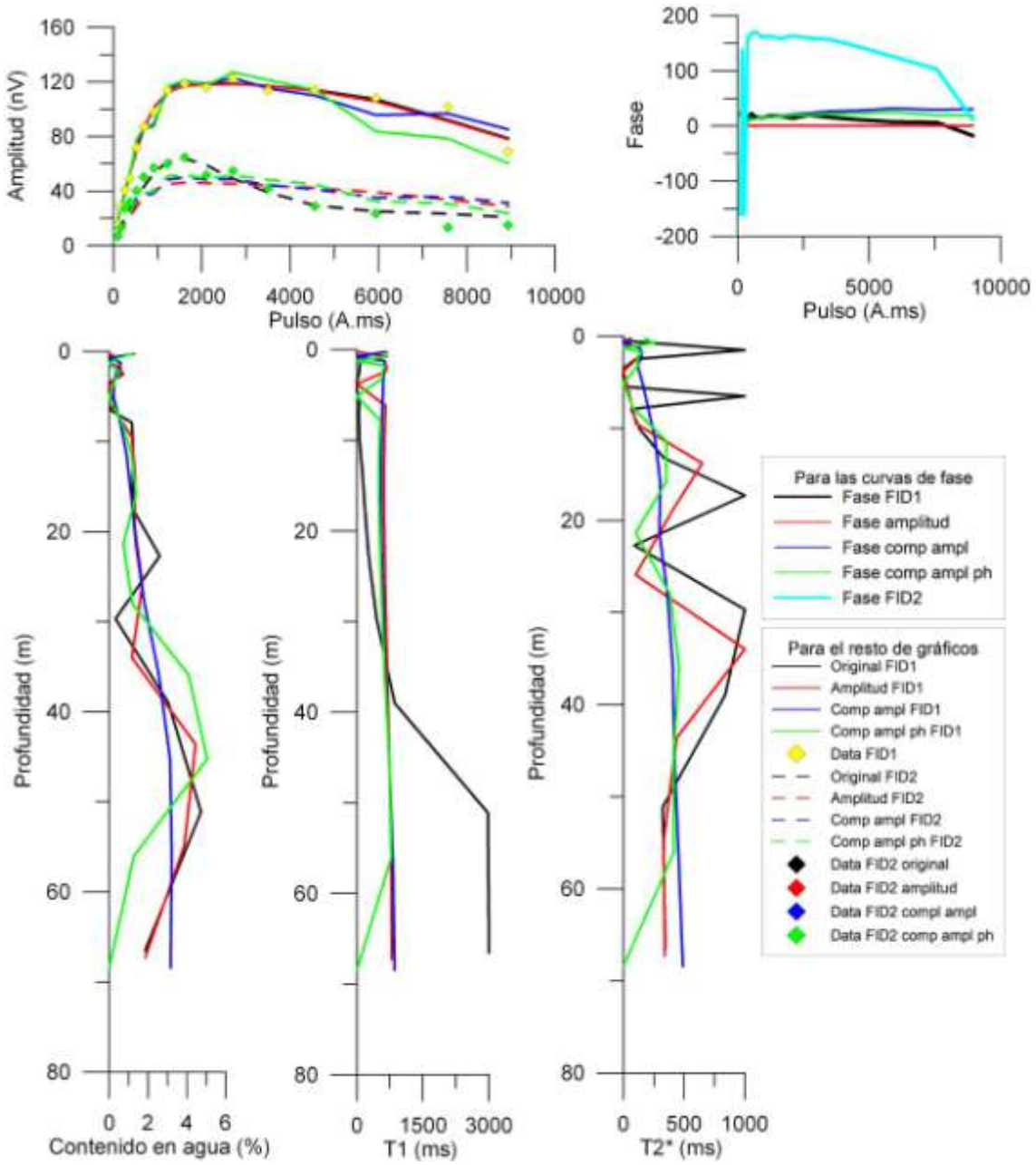
El comportamiento de la fase se ha mostrado muy variable para FID 2 con varios valores que parecen ser anómalos, respecto a la fase de FID 1 esta no ha presentado valores anómalos, pero el ajuste de los modelos generados en las inversiones complejas no ha sido correcto.

El comportamiento mostrado por las inversiones en lo referente al contenido en agua ha variado un poco en lo referente a la similitud que antes se ha explicado; la principal diferencia ha radicado en el comportamiento seguido por las inversiones complejas en las que la V11CAF ha mostrado un comportamiento más cambiante que la inversión de amplitud. Respecto a los gráficos de los tiempos de decaimiento, para T1 las inversiones han generado valores similares entre sí exceptuando al comienzo del SRM donde presentan valores ligeramente distintos y al final del SRM ya que la curva de la V11CAF llega a cero debido a que dicha inversión finaliza con una cantidad nula de agua. Indicar que las nuevas inversiones generan un modelo con valores de T1 menores que los de la V6, la cual ha presentado valores cercanos a 3 000 ms. En cuanto a T2*el comportamiento seguido por las curvas es el expuesto anteriormente, con la curva original y de amplitud llegando a valores anómalos de 1 000 ms, mientras que las inversiones complejas han mostrado valores máximos de unos 500 ms. El SRM E12 ha presentado valores buenos de relación señal/ruido y de relación entre el ruido externo y el interno, tal y como se puede apreciar en la tabla 12. La inversión que menores errores de ajuste ha generado ha sido la inversión de amplitud.

En este SRM la inversión que tiene menores valores de error ha sido la inversión de amplitud.

Inversiones SRM E12

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E12 V11A	***7,03***	***1,86***	***4,13***	***12,74***
E12 V11CA	7,03	1,86	6,09	11,84
E12 V11CAF	7,03	1,86	9,65	10,21


Amplitud (nV)
Pulso (A.ms)
Fase
Pulso (A.ms)
Profundidad (m)
Contenido en agua (%)
Profundidad (m)
T1 (ms)
Profundidad (m)
T2* (ms)
Para las curvas de fase
Fase FID1
Fase amplitud
Fase comp ampl
Fase comp ampl ph
Fase FID2
Para el resto de gráficos
Original FID1
Amplitud FID1
Comp ampl FID1
Comp ampl ph FID1
Data FID1
Original FID2
Amplitud FID2
Comp ampl FID2
Comp ampl ph FID2
Data FID2 original
Data FID2 amplitud
Data FID2 compl ampl
Data FID2 comp ampl ph

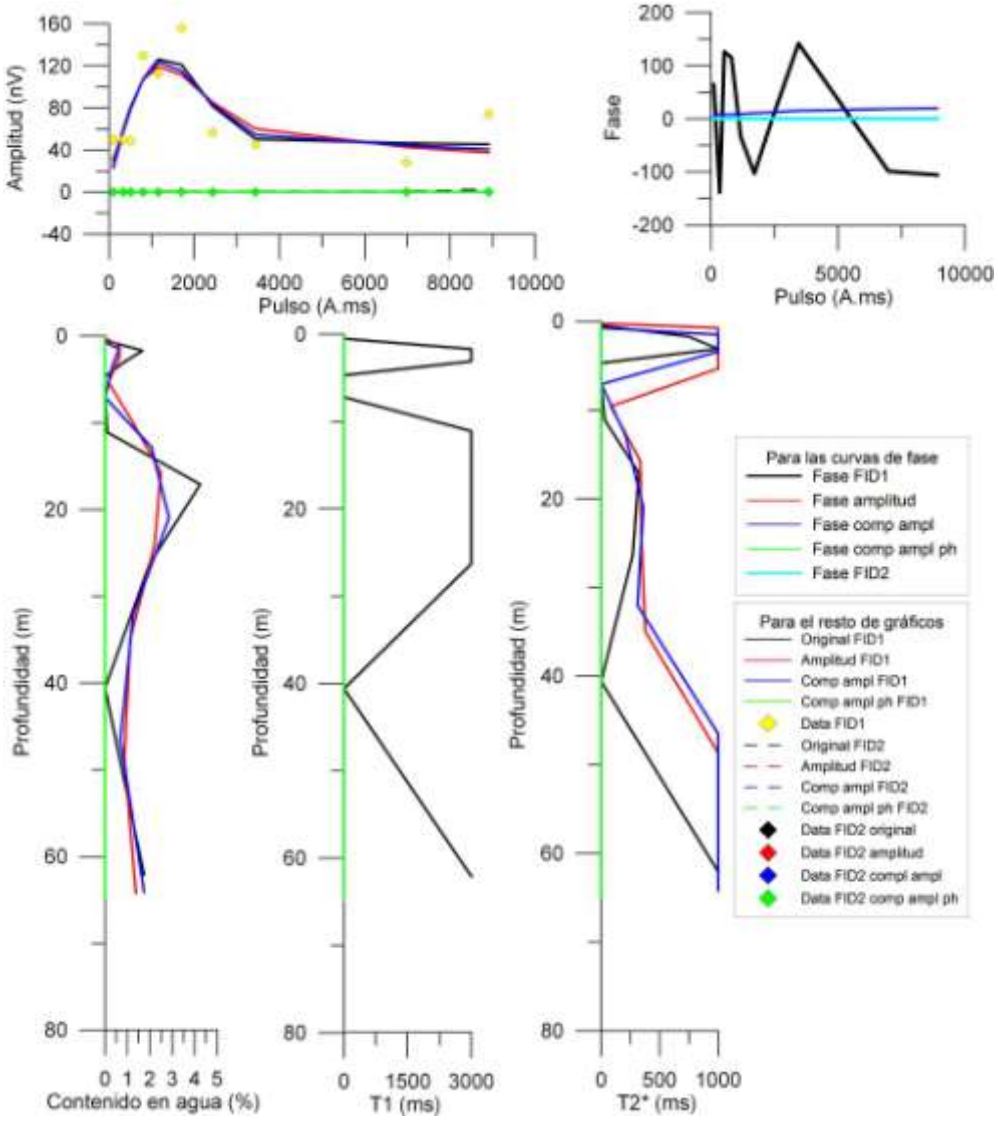
SRM E12

SRM E13

En este SRM la V11CAF no ha generado respuesta ninguna ni ha mostrado valores de tiempo, ni de cantidad de agua,… Este SRM ha mostrado un nivel malo para la relación señal/ruido y muy malo para la relación entre el ruido externo y el interno. Siendo este un SRM no interpretable ni cualitativa ni cuantitativamente.

Inversiones SRM E13

Inversión	S/N	EN/IN	RMSE	
			FID 1 (nV)	FID 2 (nV)
E13 V11A	1,09	15,52	26,33	-
E13 V11CA	***1,09***	***15,52***	***25***	**-**
E13 V11CAF	1,09	15,52	85,3	-



SRM E13

SRM E14

Este SRM ha mostrado una correspondencia para FID 1 entre las curvas, a excepción de la curva de la V11CAF, no obstante esta correspondencia ha cambiado para FID 2 agrupándose las curvas, pero esta vez la que ha seguido una trayectoria distinta ha sido la curva de la inversión de amplitud. A semejanza de otros casos en el gráfico de contenido de agua las curvas de las inversiones se han agrupado proporcionando soluciones de cantidad de agua similares, si bien es cierto que el comportamiento de la V11CAF ha diferido ligeramente del resto, pareciendo una versión suavizada del resto de curvas.

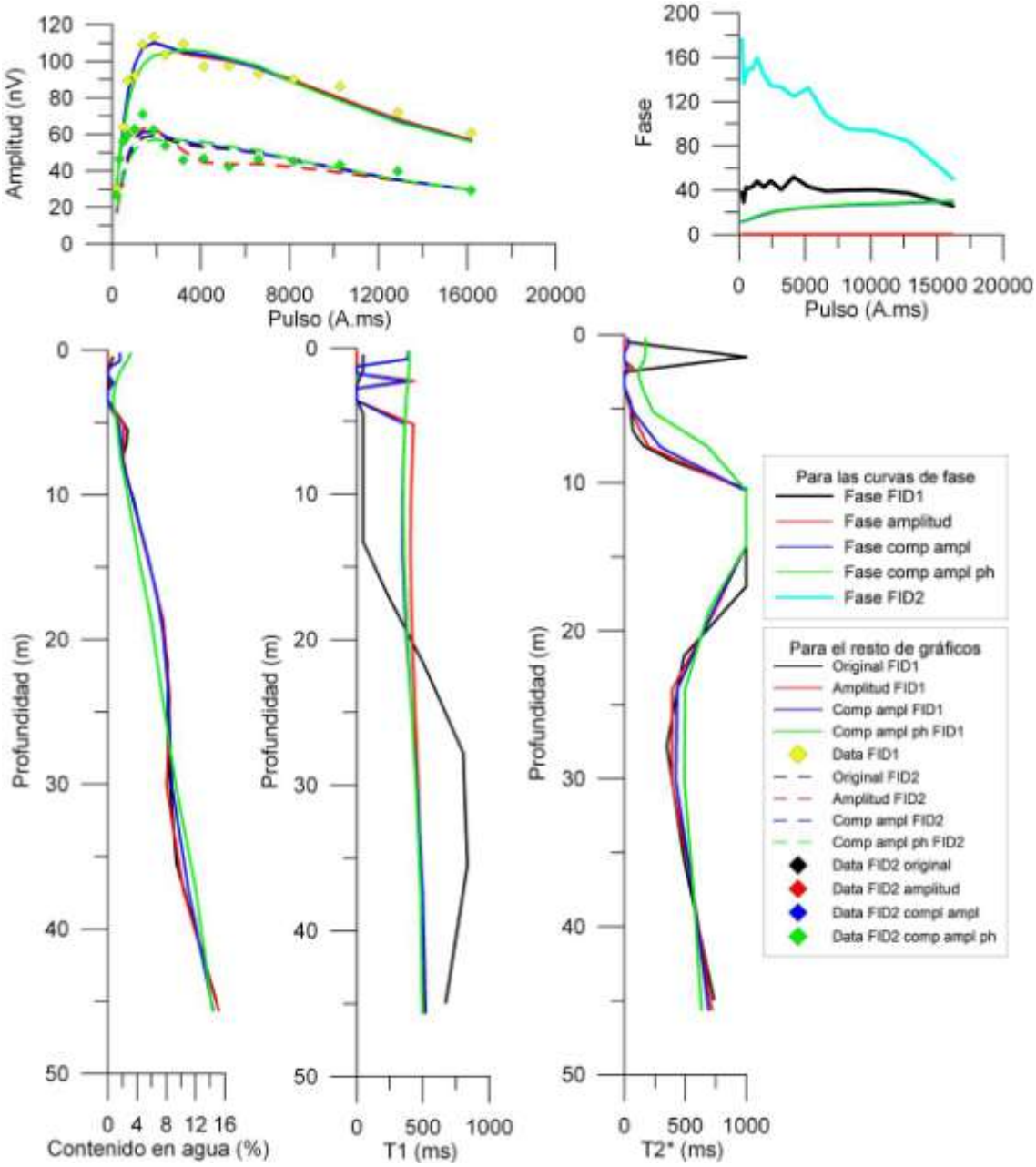
Respecto al comportamiento que ha mostrado la fase en este SRM decir que no se han encontrado valores anómalos pero la tendencia que parecen presentar tanto la fase de FID 1 como la fase de FID 2 no es paralela tal y como ocurre en la mayoría de los casos, sino que la diferencia entre las fases parece que se reduce para valores altos del pulso. En cuanto al ajuste realizado por las inversiones complejas ha sido correcto pero sin reproducir el descenso que presenta la fase al final del SRM.

En lo concerniente a los tiempos de decaimiento parecen seguir manteniendo el comportamiento agrupado de las curvas, si bien es cierto que para T1 la curva de la V6 presenta valores distintos menores al resto de curvas hasta los 20 m y mayores a partir de dicha profundidad. Aparecen también variaciones al comienzo del SRM por parte de las inversiones de amplitud y compleja de amplitud, variaciones que no reproduce la V11CAF. Por último indicar que el comportamiento de las inversiones nuevas en este caso es al parecer mejor que el de la V6 ya que mientras que las inversiones nuevas no llegan a los 600 ms la V6 alcanzaba los 1 000 ms, valor anormalmente alto. Respecto el gráfico de T2*, el comportamiento es similar entre todas las inversiones alcanzando valores de 1 000 ms a una profundidad en torno a los 15 m.

Este SRM ha mostrado un valor bueno para la relación señal/ruido y regular para la relación entre el ruido externo e interno. La inversión que ha generado menores errores ha sido la inversión compleja de amplitud.

Inversiones SRM E14

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E14 V11A	7,22	2	4,12	10,1
E14 V11CA	***7,22***	***2***	***4,42***	***9,05***
E14 V11CAF	7,22	2	6,34	10,74


Amplitud (nV)
Pulso (A.ms)
Fase
Pulso (A.ms)
Profundidad (m)
Contenido en agua (%)
Profundidad (m)
T1 (ms)
Profundidad (m)
T2* (ms)
Para las curvas de fase
Fase FID1
Fase amplitud
Fase comp ampl
Fase comp ampl ph
Fase FID2
Para el resto de gráficos
Original FID1
Amplitud FID1
Comp ampl FID1
Comp ampl ph FID1
Data FID1
Original FID2
Amplitud FID2
Comp ampl FID2
Comp ampl ph FID2
Data FID2 original
Data FID2 amplitud
Data FID2 compl ampl
Data FID2 comp ampl ph

SRM E14

SRM E15

El gráfico de amplitud de este SRM ha mostrado la presencia de agua cerca de la superficie y de una zona más profunda con una mayor cantidad. Las curvas generadas por las inversiones se han agrupado para FID 1, con la salvedad de la V11CAF que presenta menores cantidades de agua al comienzo del SRM y mayores al final. El comportamiento de las inversiones para FID 2 ha sido igual que para FID 1.

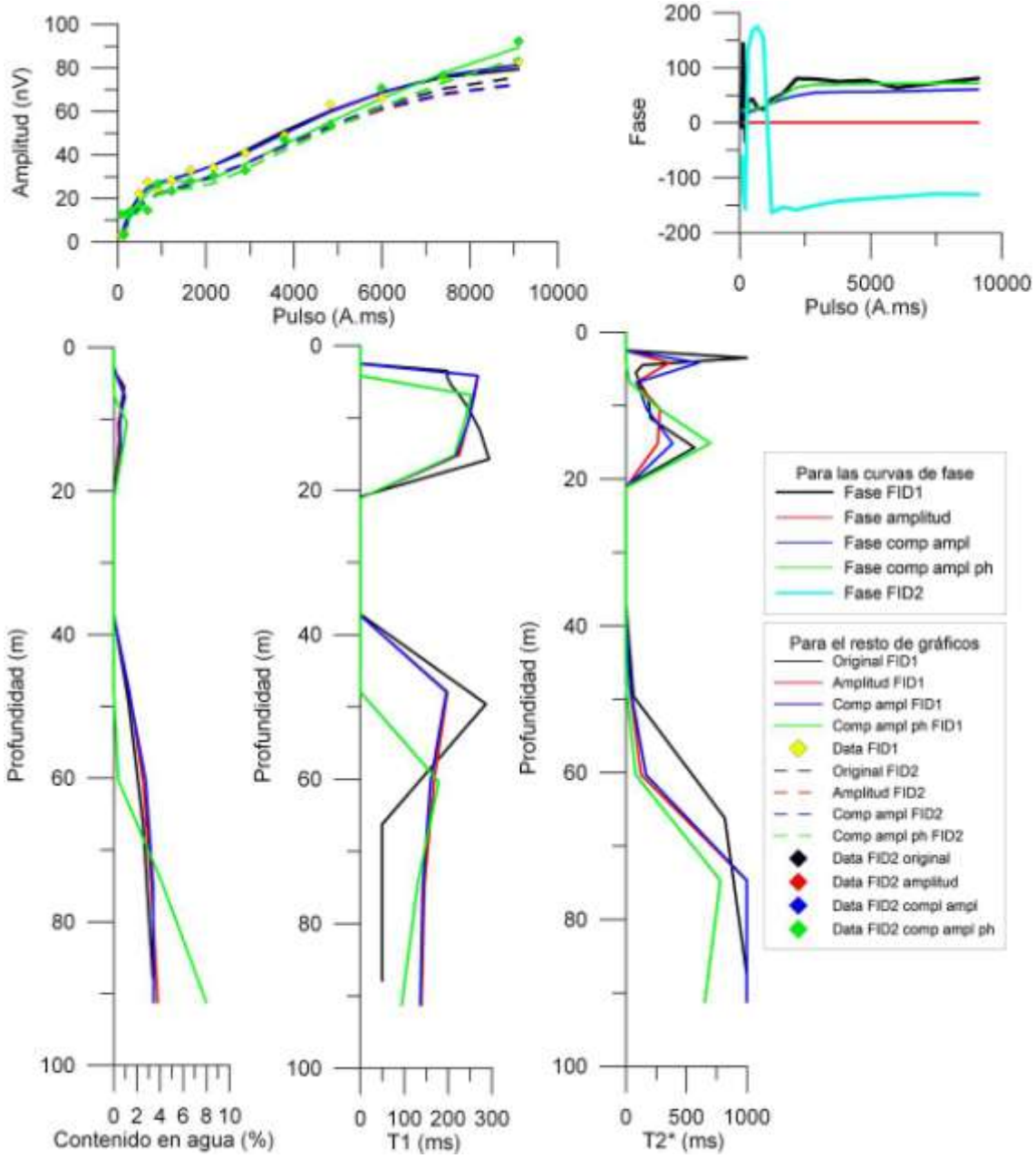
En lo respectivo a las fases de FID 1 y de FID 2 se han observado valores anómalos al comienzo del SRM para las dos fases, el ajuste de las fases por parte de las inversiones complejas parece ser correcto.

Para T1 las curvas de las inversiones nuevas han mostrado un comportamiento parecido, a excepción del posicionamiento del comienzo de las zonas con más cantidad de agua que difieren ligeramente entre las inversiones, tal y como se ha apuntado anteriormente. La morfología de las curvas de T1 de las inversiones nuevas varía con respecto a la V6 en el trazado del máximo más profundo. Las curvas de las inversiones para T2* han mostrado el mismo comportamiento semejándose entre ellas pero variando las posiciones del máximo de más profundidad.

Este SRM ha presentado un valor bueno tanto para la relación señal/ruido como para la relación entre el ruido externo e interno. La inversión con menores errores de ajuste ha sido la inversión compleja de amplitud.

Inversiones SRM E15

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E15 V11A	4,78	1,28	1,9	6,89
E15 V11CA	***4,78***	***1,28***	***1,92***	***6,73***
E15 V11CAF	4,78	1,28	4,15	5,01


Amplitud (nV)
Pulso (A.ms)
Fase
Pulso (A.ms)
Profundidad (m)
Contenido en agua (%)
Profundidad (m)
T1 (ms)
Profundidad (m)
T2* (ms)
Para las curvas de fase
Fase FID1
Fase amplitud
Fase comp ampl
Fase comp ampl ph
Fase FID2
Para el resto de gráficos
Original FID1
Amplitud FID1
Comp ampl FID1
Comp ampl ph FID1
Data FID1
Original FID2
Amplitud FID2
Comp ampl FID2
Comp ampl ph FID2
Data FID2 original
Data FID2 amplitud
Data FID2 compl ampl
Data FID2 comp ampl ph

SRM E15

SRM E16

La tendencia que han mostrado las inversiones V11 en este SRM ha sido la de agruparse aunque con pequeñas diferencias tal y como se ha apreciado en el gráfico de amplitud para FID 1. La curva perteneciente a la V11CAF ha tenido menores valores de amplitud al final del SRM lo que ha producido un menor desarrollo en profundidad de una zona con mayor cantidad de agua (45 m de profundidad) con respecto al resto de inversiones. Este comportamiento también se ha apreciado para FID 2 adicionando que la curva de la V6 ha presentado valores mucho menores que el resto de inversiones aun teniendo los mismo puntos para realizar el ajuste de la inversión.

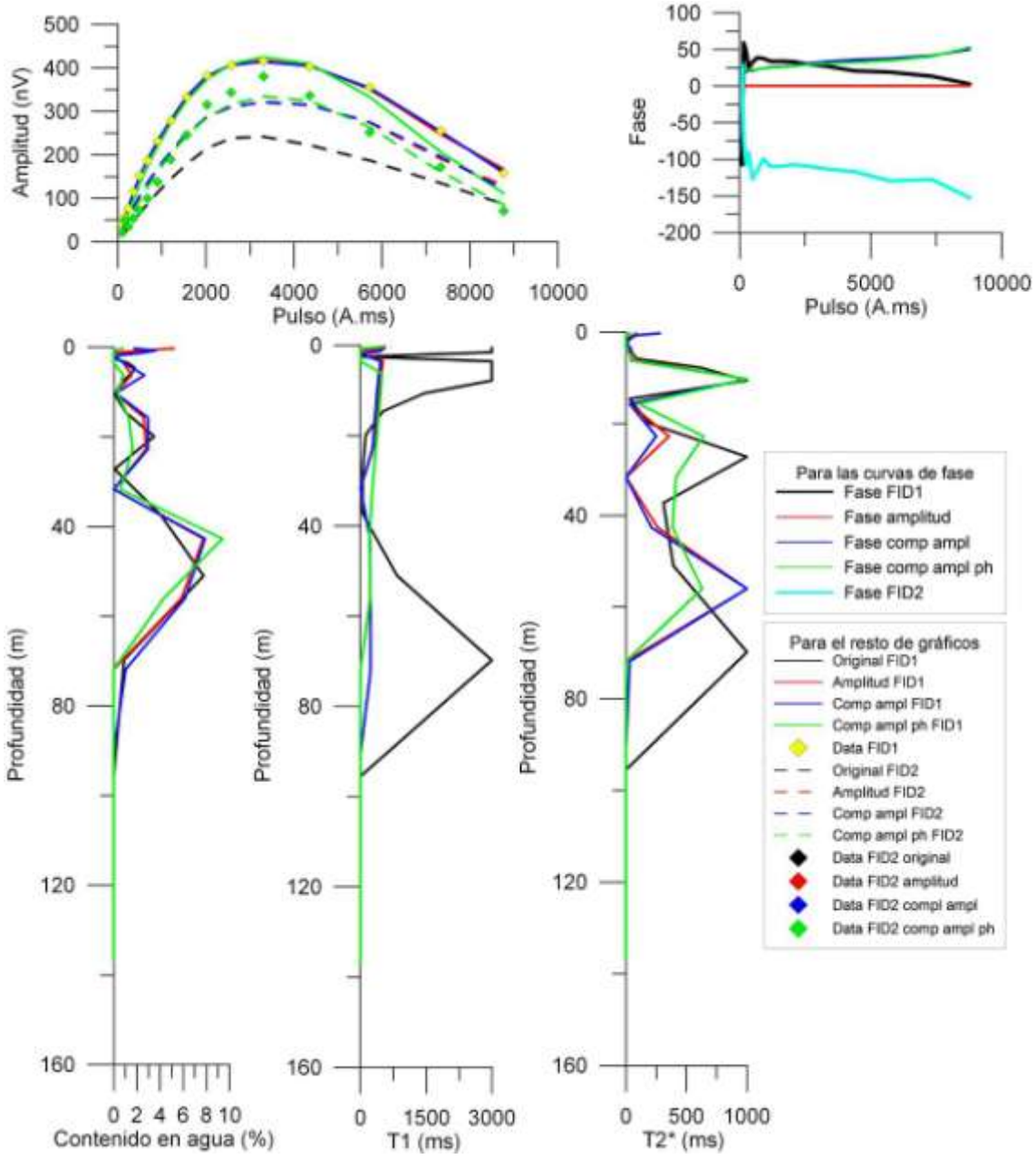
Tanto FID 1 como FID 2 han presentado valores anómalos para el primer pulso del SRM y las inversiones complejas no han sido capaces de ajustarse correctamente a la fase al seguir tendencias totalmente opuestas a esta.

El comportamiento generado por las inversiones para T1 es similar para el caso de las nuevas inversiones variando mucho el resultado obtenido por la V6, la cual ha alcanzado valores de hasta 3 000 ms. Las nuevas inversiones difieren en el final de la principal zona con agua que, como se ha dicho, se encuentra a unos 45 m de profundidad. Es llamativo el máximo que presentan las tres inversiones nuevas al comienzo del SRM alcanzando valores superiores a 500 ms, correspondiente a gravas. Respecto T2* las curvas de las nuevas inversiones no han presentado tan buena similitud entre ellas, si bien es cierto que las inversiones de amplitud y compleja de amplitud han generado casi la misma solución. La curva de la V11CAF parece seguir al comienzo del SRM la forma de las curvas anteriormente citadas, pero al alcanzar la zona de agua comentada varía ligeramente con respecto a las otras inversiones nuevas. La curva de la V6 presenta las mismas características que la curva de la V11CAF, al comienzo se agrupa con el resto de curvas y al alcanzar la zona de los 45 m varía con respecto al resto. Indicar que todas las inversiones han alcanzado valores en torno a los 1 000 ms como máximo.

Según se observa el SRM E16 ha mostrado un nivel muy bueno en la relación señal/ruido, pero malo en la relación entre el ruido externo e interno. A inversión que muestra mejor ajuste a los datos ha sido la inversión compleja de amplitud, aunque es cierto que la V11CAF ha mostrado el menor error para el ajuste de FID 2.

Inversiones SRM E16

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E16 V11A	12,35	3,07	3,68	30,11
E16 V11CA	***12,35***	***3,07***	***1,79***	***30,09***
E16 V11CAF	12,35	3,07	30,5	20,6


Amplitud (nV)
Pulso (A.ms)
Fase
Pulso (A.ms)
Profundidad (m)
Contenido en agua (%)
Profundidad (m)
T1 (ms)
Profundidad (m)
T2* (ms)
Para las curvas de fase
Fase FID1
Fase amplitud
Fase comp ampl
Fase comp ampl ph
Fase FID2
Para el resto de gráficos
Original FID1
Amplitud FID1
Comp ampl FID1
Comp ampl ph FID1
Data FID1
Original FID2
Amplitud FID2
Comp ampl FID2
Comp ampl ph FID2
Data FID2 original
Data FID2 amplitud
Data FID2 compl ampl
Data FID2 comp ampl ph

SRM E16

SRM E17

Todas las inversiones han presentado curvas similares para FID 1, si bien es cierto que la curva generada por la V11CAF ha tenido valores menores que el resto de las curvas al final del SRM, aspecto también recogido para FID 2 donde también la curva de la V6 muestra valores ligeramente diferentes tanto para los datos de campo como para la curva generada por la inversión. Esta semejanza aparece también en el gráfico de contenido en agua pero con las variaciones ocasionadas por la V11CAF, la cual ha generado una respuesta con mayor contenido en agua y menor potencia.

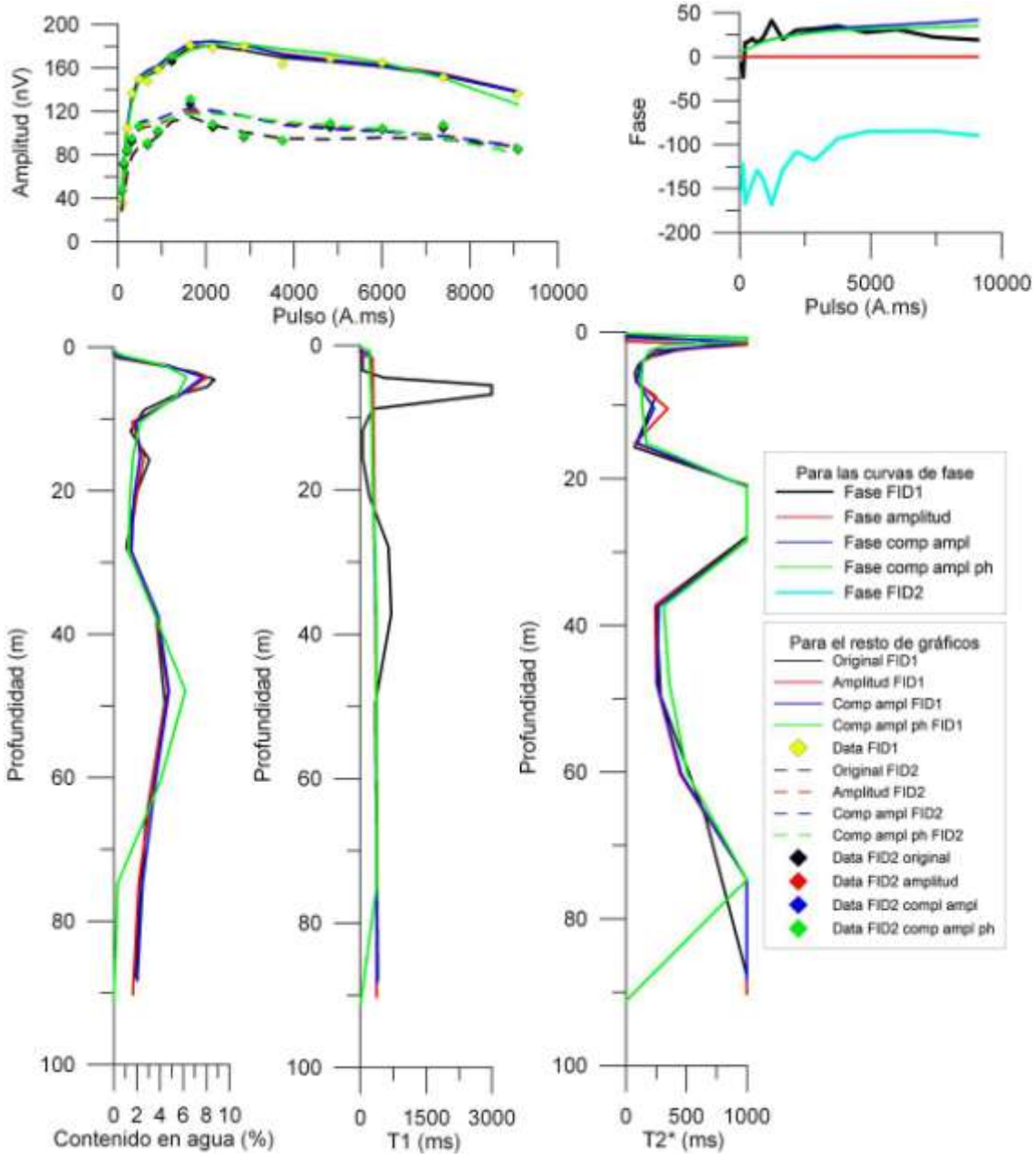
La fase de FID 1 y de FID 2 parece mostrar valores para el primer pulso ligeramente desviados con respecto a la tendencia global. El ajuste generado por las inversiones complejas ha sido bueno hasta los 5 000 A.ms a partir de donde la fase desciende y las inversiones no han generado este descenso.

Para el tiempo de decaimiento T1 las curvas de las nuevas inversiones muestran valores semejantes variando ligeramente al comienzo del SRM y al final, ya que la V11CAF finaliza antes que el resto de inversiones. Se ha apreciado una mejora sustancial en la determinación de T1 ya que la V6 presentó valores anómalos de unos 3 000 ms. T2* ha seguido el mismo patrón introduciendo a la curva de la V6 en el agrupamiento. Todas las inversiones muestran valores máximos de T2* en torno a los 1 000 ms.

El SRM E17 ha presentado un buen valor en la relación señal/ruido y malo en la relación entre el ruido externo y el interno. La inversión que mejor se ha ajustado ha sido la inversión compleja de amplitud.

Inversiones SRM E17

Inversión	**S/N**	**EN/IN**	**RMSE**	
			FID 1 (nV)	**FID 2 (nV)**
E17 V11A	6,34	3,46	4,97	18,19
E17 V11CA	***6,34***	***3,46***	***5,21***	***17,3***
E17 V11CAF	6,34	3,46	7,47	18,31


Amplitud (nV)
Pulso (A.ms)
Fase
Pulso (A.ms)
Profundidad (m)
Contenido en agua (%)
Profundidad (m)
T1 (ms)
Profundidad (m)
T2* (ms)
Para las curvas de fase
Fase FID1
Fase amplitud
Fase comp ampl
Fase comp ampl ph
Fase FID2
Para el resto de gráficos
Original FID1
Amplitud FID1
Comp ampl FID1
Comp ampl ph FID1
Data FID1
Original FID2
Amplitud FID2
Comp ampl FID2
Comp ampl ph FID2
Data FID2 original
Data FID2 amplitud
Data FID2 compl ampl
Data FID2 comp ampl ph

SRM E17

ANEXO G: Fichas de los SRM de los acuíferos de Doñana y Estaña

Banco de Datos de SRM

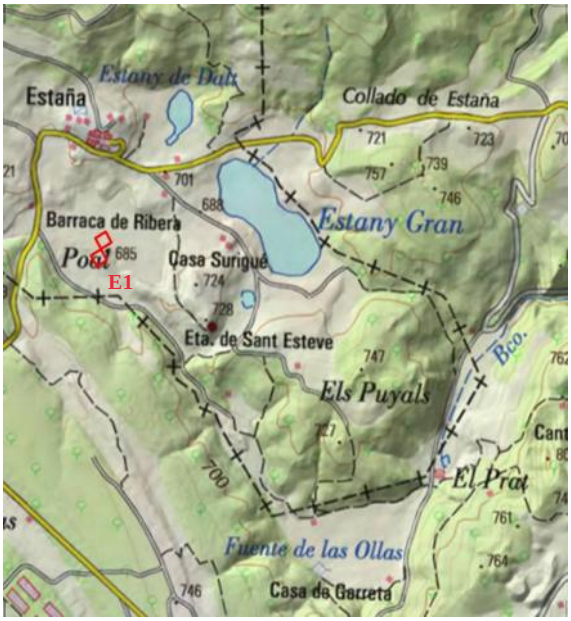
Identificación

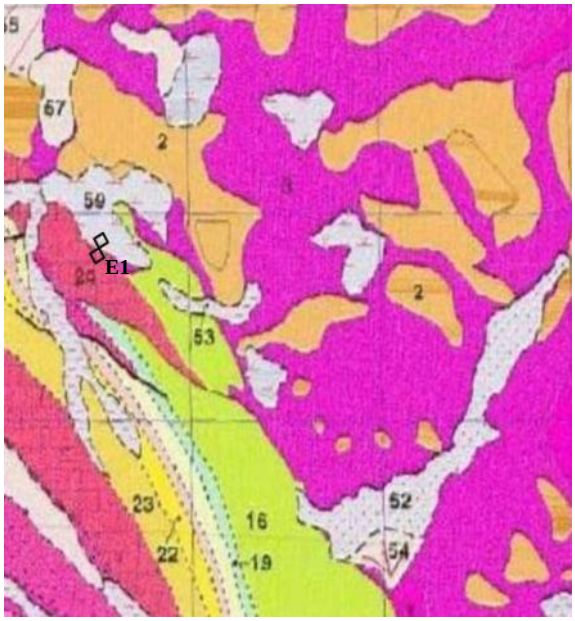
Nombre: E1
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	791258
Y (UTM H30 ED 50)	4658820
Cota	671





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45405
Antena:	Ocho cuadrado	**Nº de pulsos:**	14
Tamaño (m):	75	**Stacking:**	64-32
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	818
Frecuencia (Hz):	1933.8	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	12-08-2008		

Observaciones

Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

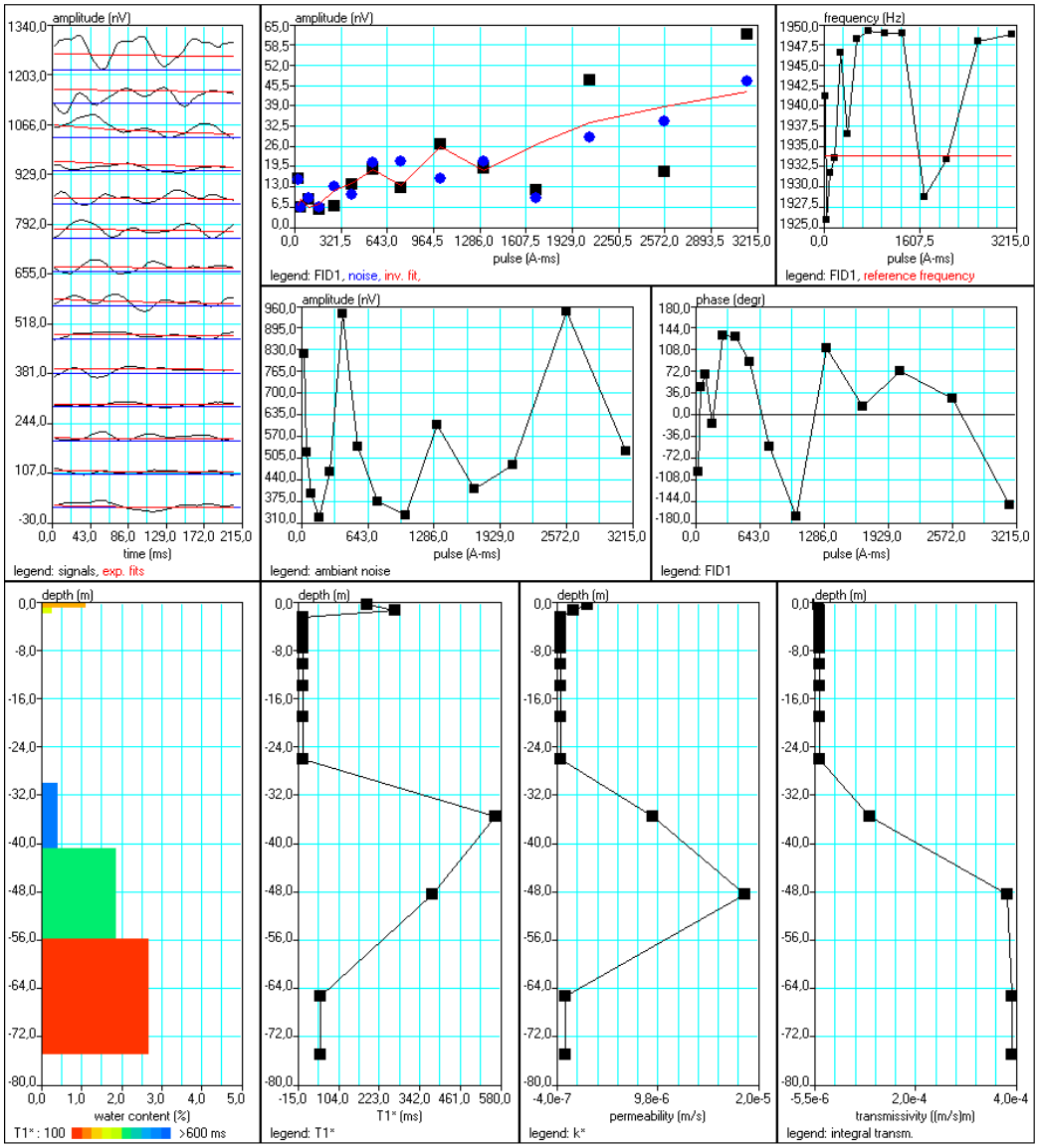
Perfiles eléctricos cercanos: PE1, PE2, PE6

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	2-8-75.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-20m	50 Ohm.m
20m-100m	200 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.9
Time constant (ms):	10.00
Average S/N//EN/IN :	1.11//3.69
Fitting error FID1//FID2:	38.4%//48.8%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	1129.2//0.238
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

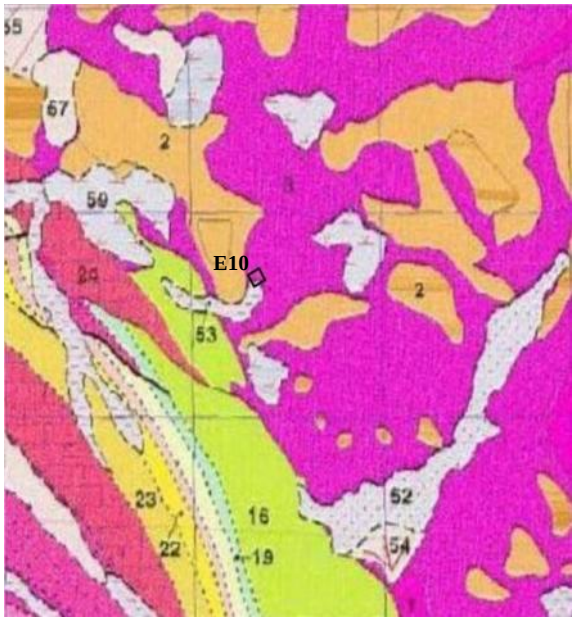
Identificación

Nombre: E10
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	792079
Y (UTM H30 ED 50)	4658727
Cota	677



Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45402
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	100	**Stacking:**	64
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	311
Frecuencia (Hz):	1933.2	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	19-08-2008		

Observaciones

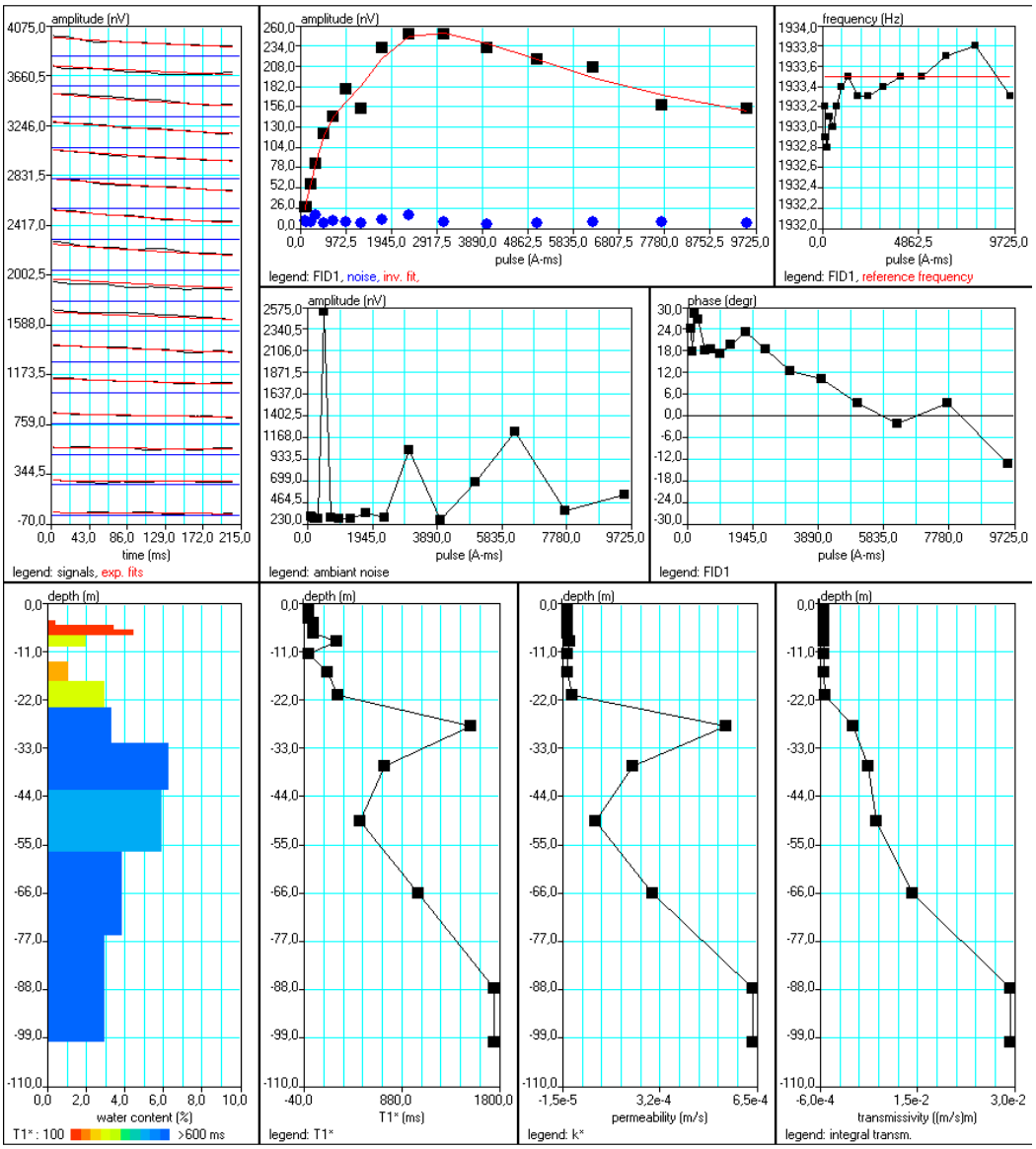
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	4A-C100.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-100m	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.9
Time constant (ms):	15.00
Average S/N//EN/IN :	13.10//1.82
Fitting error FID1//FID2:	6.16%//14.60%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	335.7//1.192
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

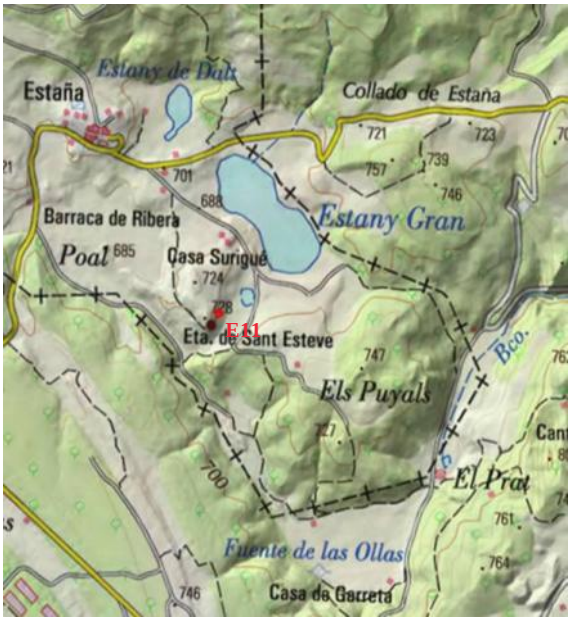
Identificación

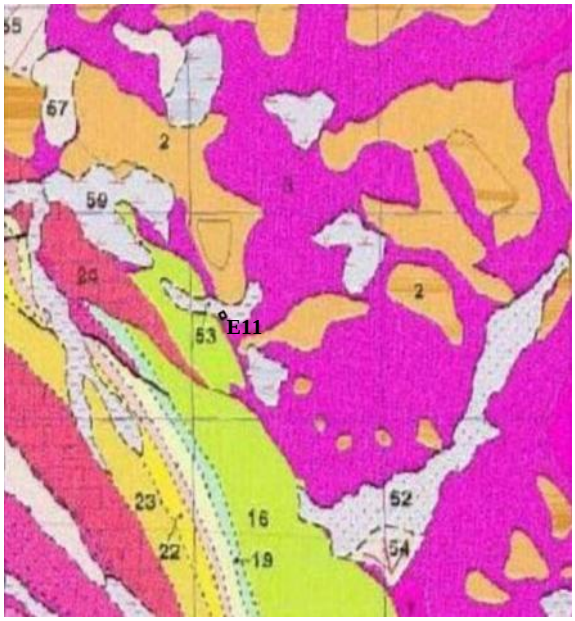
Nombre: E11
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	791917
Y (UTM H30 ED 50)	4658537
Cota	677





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45420
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	50	**Stacking:**	72-34
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	397
Frecuencia (Hz):	1933.7	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	19-08-2008		

Observaciones

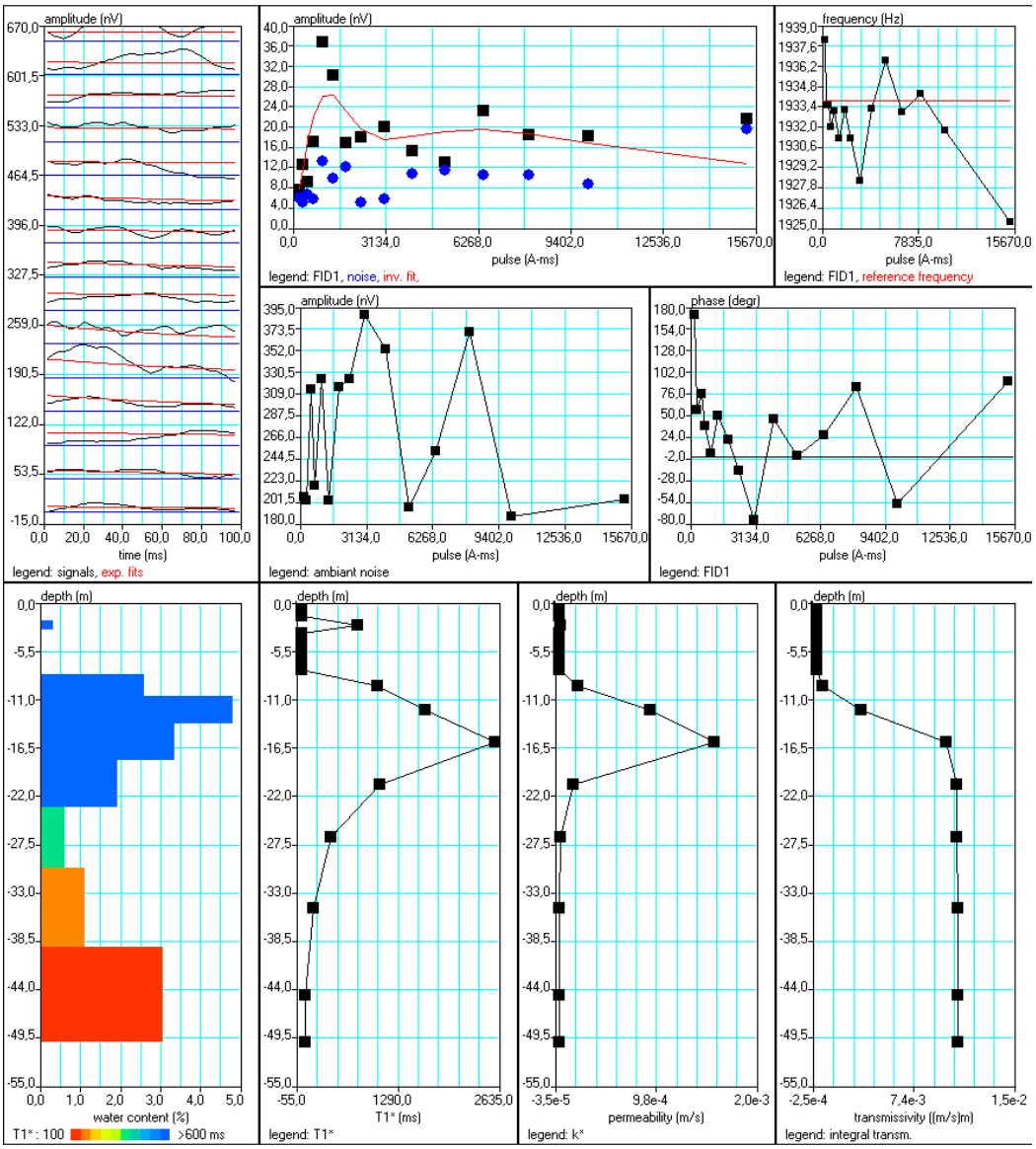
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	1-C-50.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-20m	100 Ohm.m
20m-100m	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	99.3
Band pass (Hz):	10.00
Average S/N//EN/IN :	1.77//1.87
Fitting error FID1//FID2:	26.11%//38.89%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	213.6//1.669
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

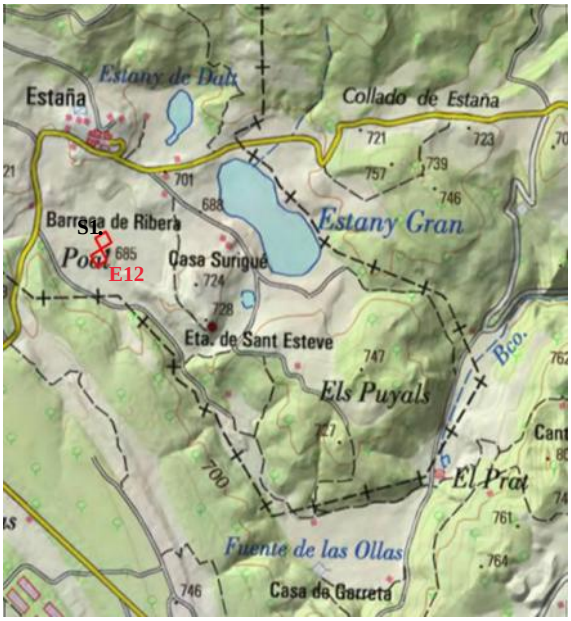
Identificación

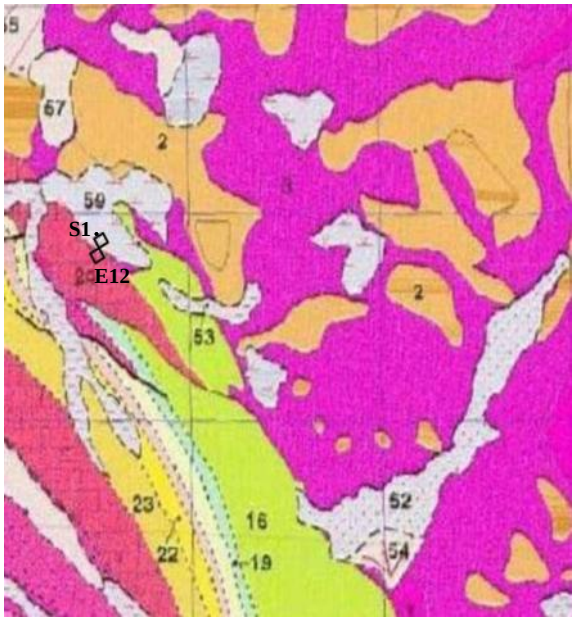
Nombre: E12
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	791384
Y (UTM H30 ED 50)	4659016
Cota	672





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45408
Antena:	Ocho cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	75	**Stacking:**	64
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	280
Frecuencia (Hz):	1933.5	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	20-08-2008		

Observaciones

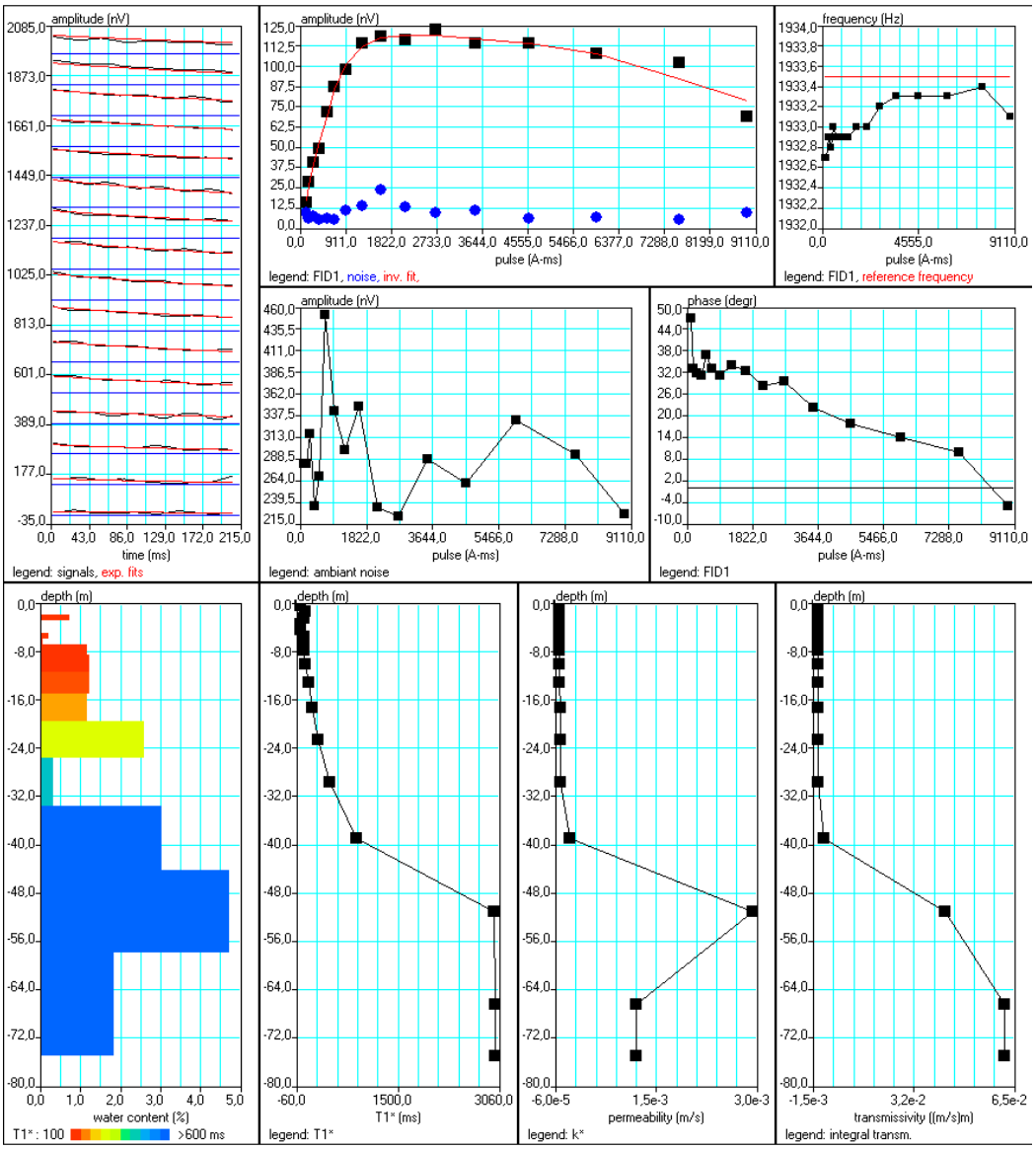
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	1-8-75.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-20m	100 Ohm.m
20m-100m	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.9
Time constant (ms):	15.00
Average S/N//EN/IN :	7.03//1.86
Fitting error FID1//FID2:	4.44%//12.21%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	129.7/14.782
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



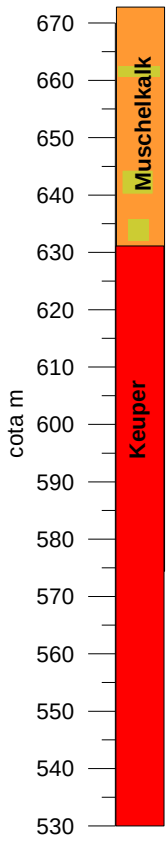
Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

Sondeo S1

Coordenadas

X (UTM H30 ED 50)	791382
Y (UTM H30 ED 50)	4659230
Cota	673.67



Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	144
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	
Nivel piezométrico (m)	22.18

Observaciones

Existe testificación del sondeo

Perfiles eléctricos cercanos: PE1, PE2, PE6

Tramos verdes más arcillosos.

Banco de Datos de SRM

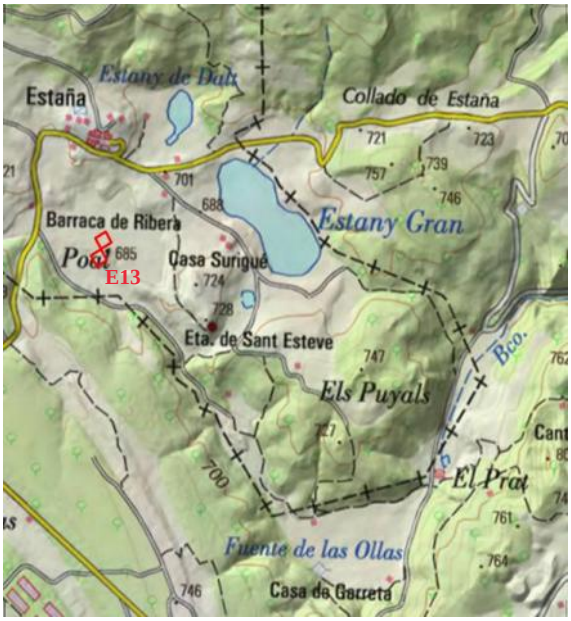
Identificación

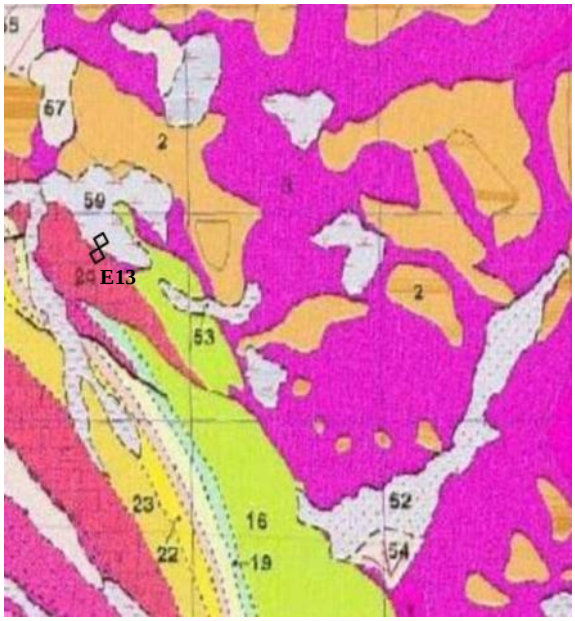
Nombre: E13
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	791230
Y (UTM H30 ED 50)	4658812
Cota	678





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45410
Antena:	Ocho cuadrado	**Nº de pulsos:**	12
Tamaño (m):	75	**Stacking:**	96
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	3986
Frecuencia (Hz):	1933	**Nº de convertidores:**	1
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	20-08-2008		

Observaciones

Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

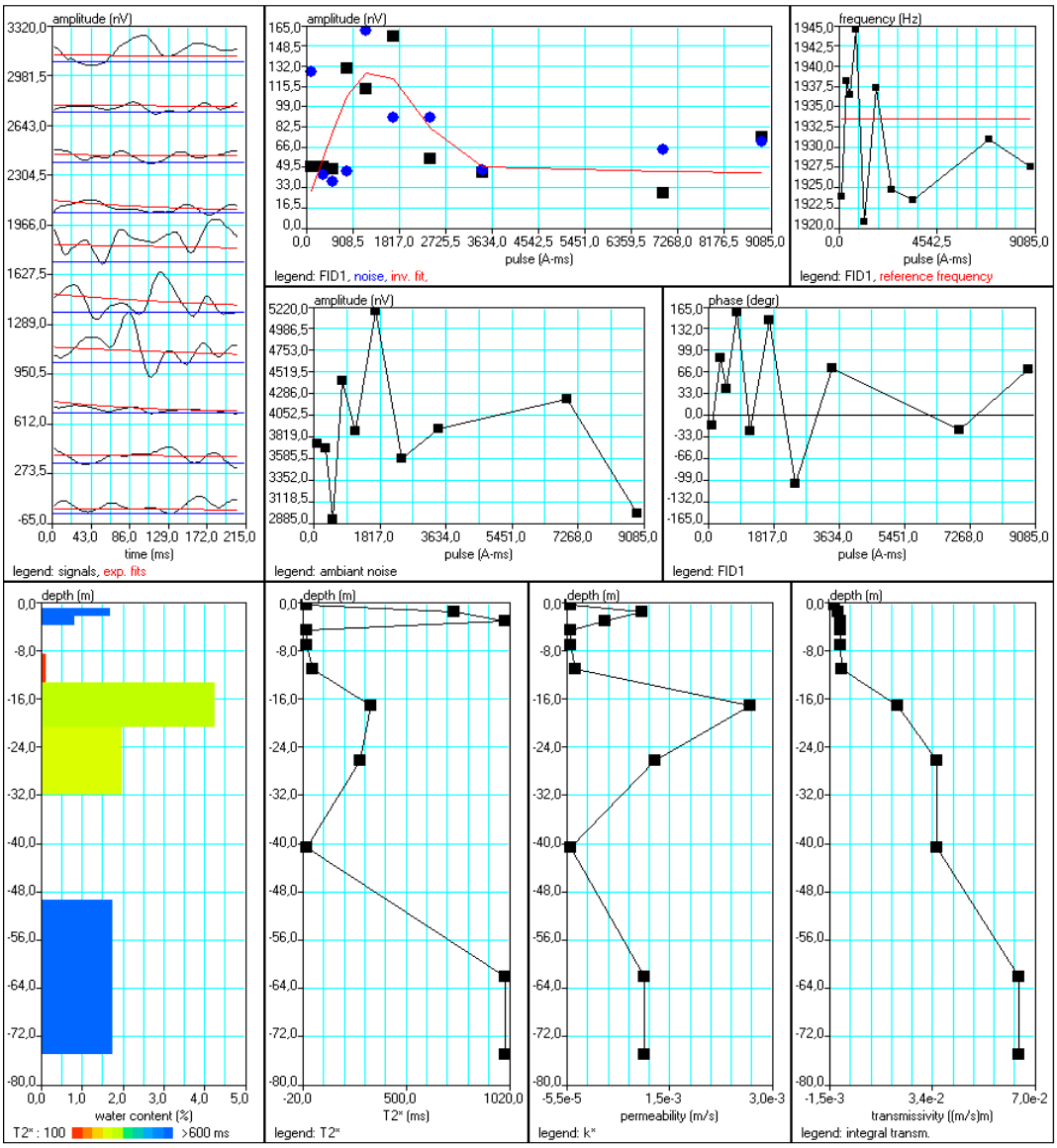
Perfiles eléctricos cercanos: PE1, PE2, PE6

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	2-8-75.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-20m	50 Ohm.m
20m-100m	200 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.9
Bandpass (Hz):	15.00
Average S/N//EN/IN :	1.09//15.52
Fitting error FID1//FID2:	26.39%//22804.65%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	3387.5//500000
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

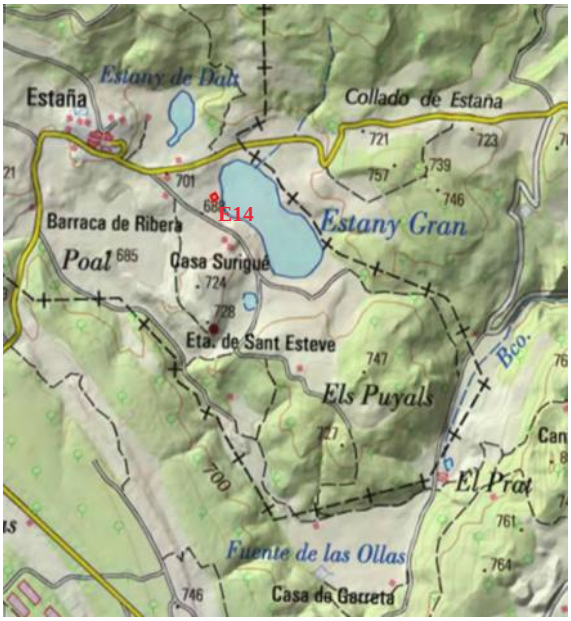
Identificación

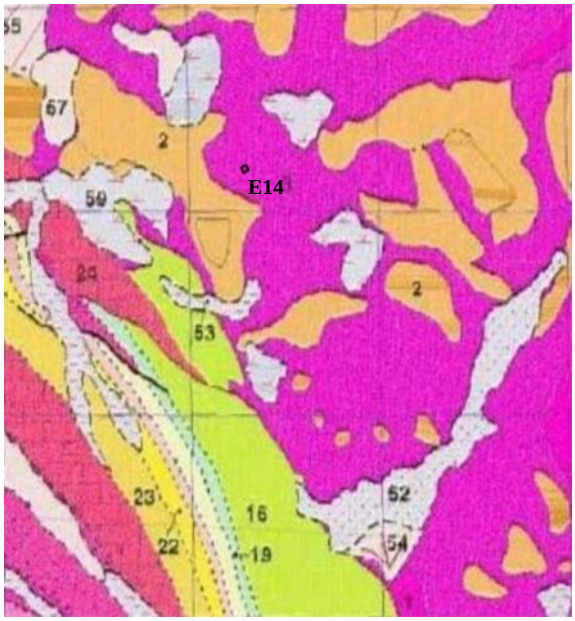
Nombre: E14
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	791994
Y (UTM H30 ED 50)	4659249
Cota	676





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45432
Antena:	Ocho cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	50	**Stacking:**	56
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	212
Frecuencia (Hz):	1934.5	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	20-08-2008		

Observaciones

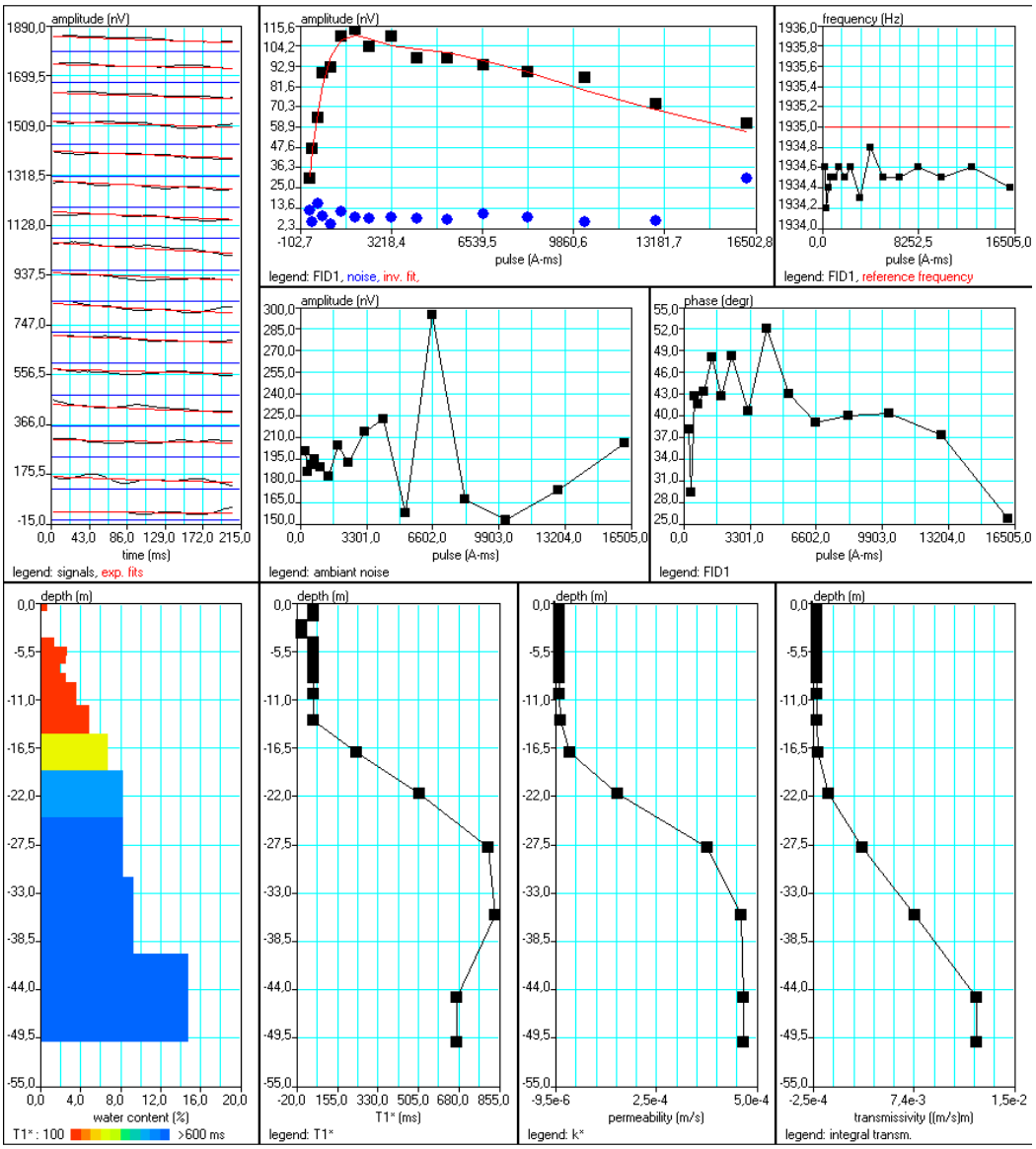
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	4A-C50.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-50m	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.8
Time constant (ms):	15.00
Average S/N//EN/IN :	7.22//2.00
Fitting error FID1//FID2:	4.77%//17.57%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	87.7//5.960
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

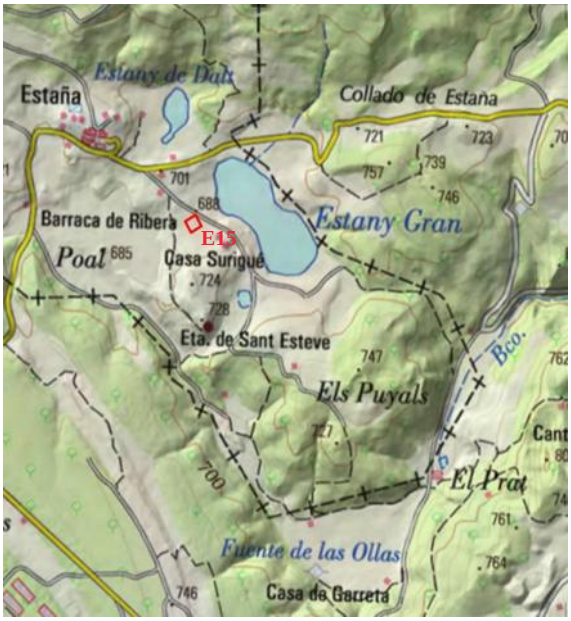
Identificación

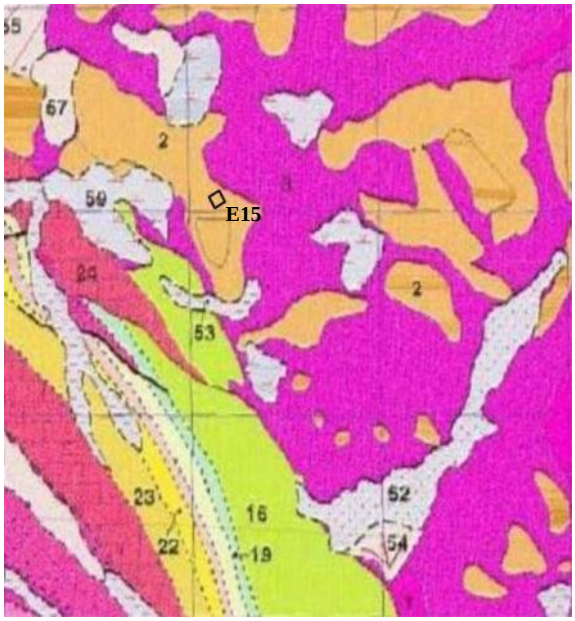
Nombre: E15
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	791857
Y (UTM H30 ED 50)	4659089
Cota	686





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45418
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	100	**Stacking:**	64
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	158
Frecuencia (Hz):	1933.9	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	21-08-2008		

Observaciones

Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

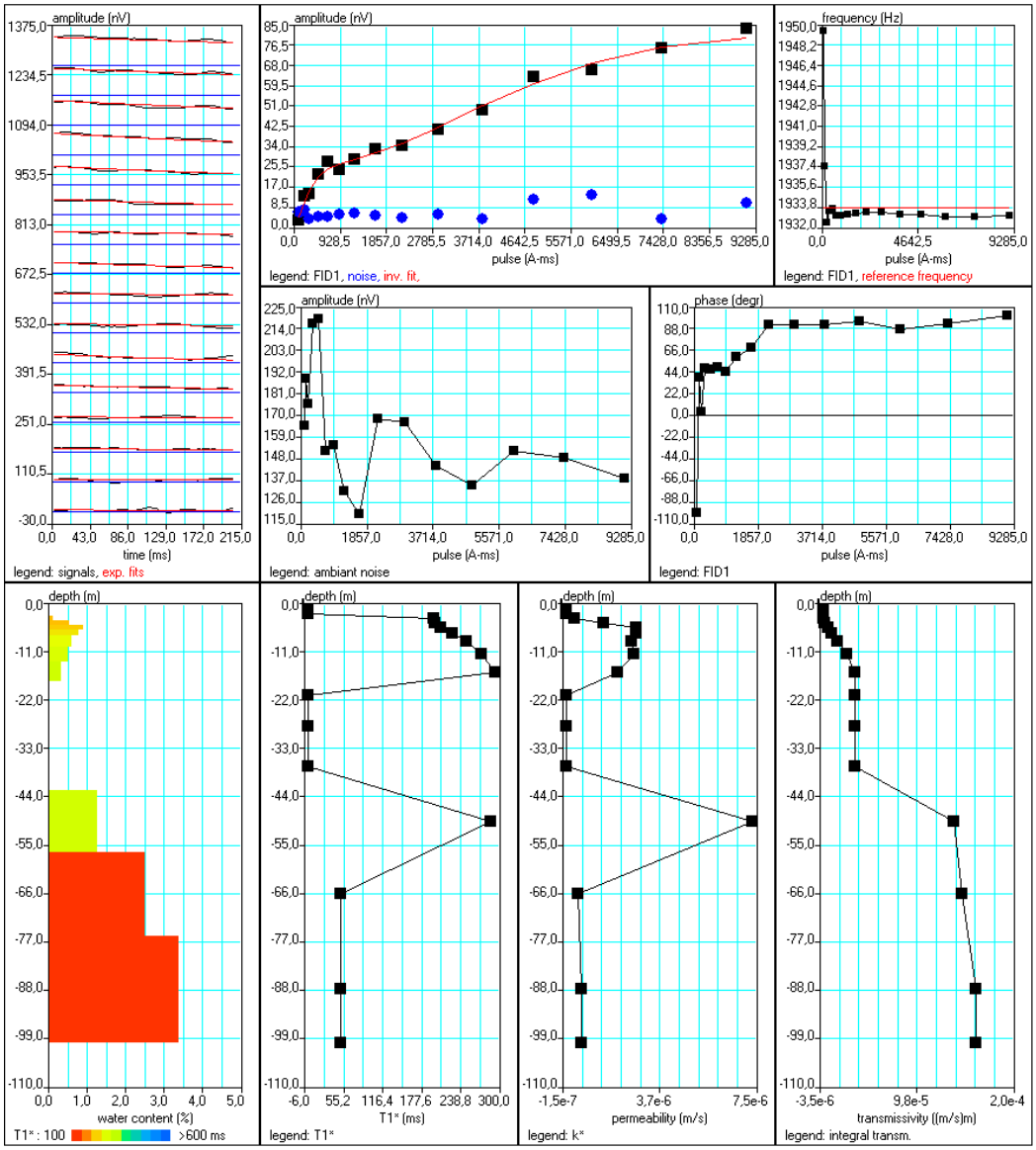
Perfiles eléctricos cercanos: PE2, PE6, PE9

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	1-C100.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-20m	100 Ohm.m
20m-100	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.9
Time constant (ms):	15.00
Average S/N//EN/IN :	4.78//1.28
Fitting error FID1//FID2:	4.75%//13.84%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	732.4//1.192
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

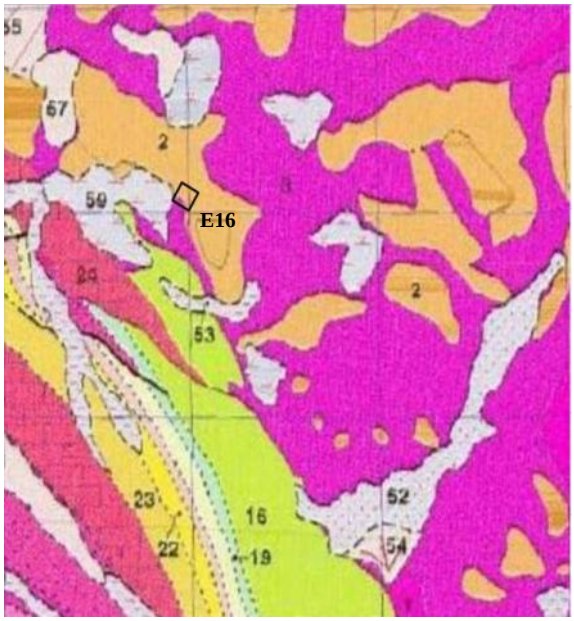
Identificación

Nombre: E16
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	791688
Y (UTM H30 ED 50)	4659092
Cota	672



Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45386
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	96
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	650
Frecuencia (Hz):	1932.5	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	21-08-2008		

Observaciones

Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

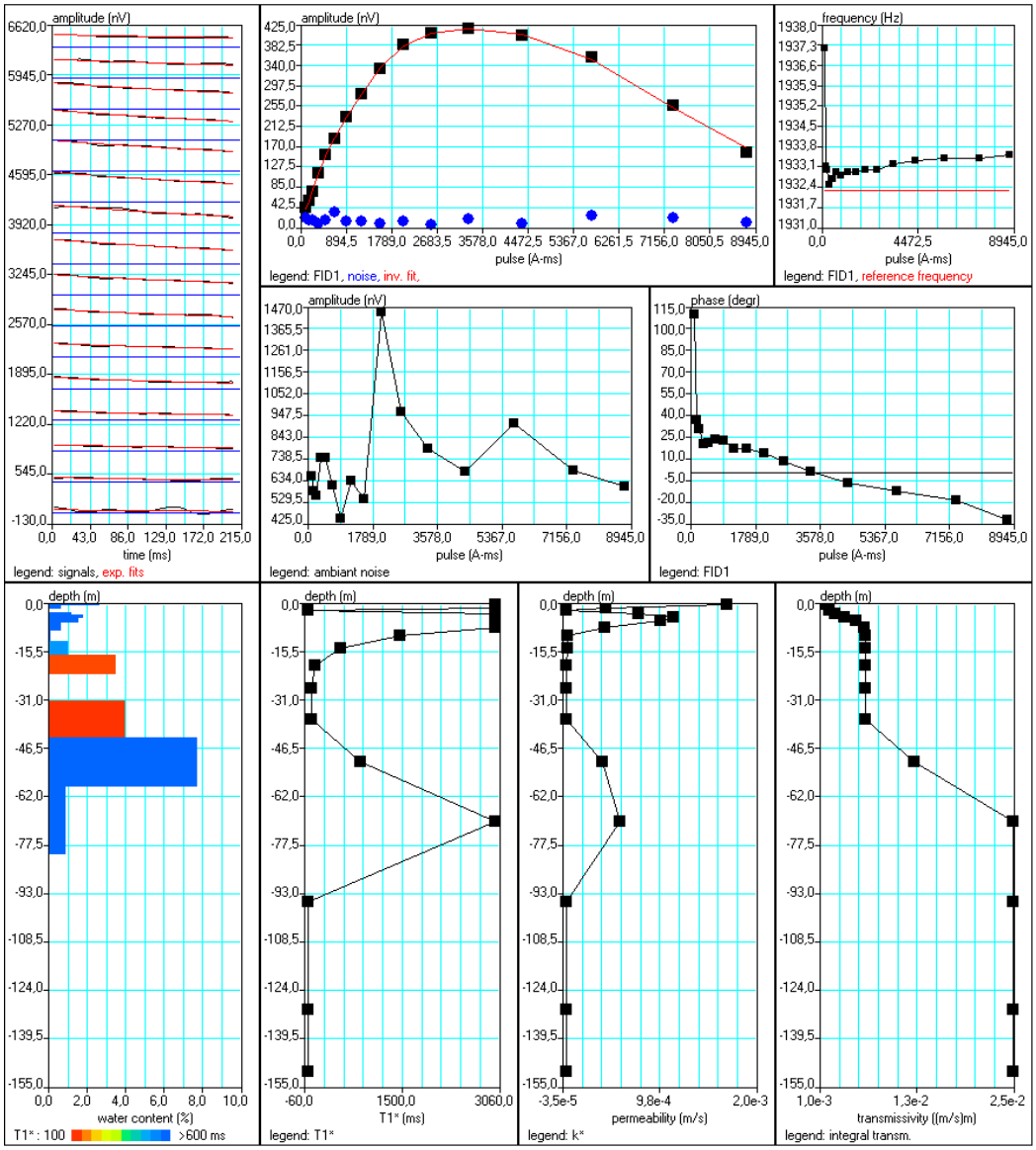
Perfiles eléctricos cercanos: PE2, PE6

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	1-C100.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-20m	100 Ohm.m
20m-100	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	209.1
Time constant (ms):	15.00
Average S/N//EN/IN :	12.35//3.07
Fitting error FID1//FID2:	1.15%//30.77%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	267.0//3.099
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

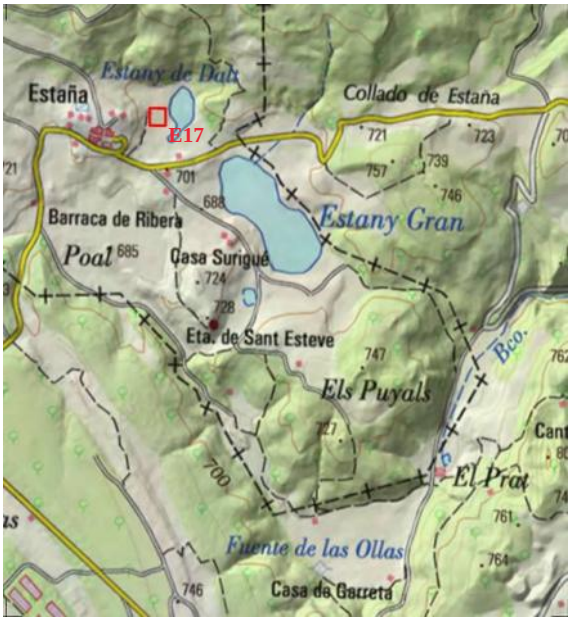
Identificación

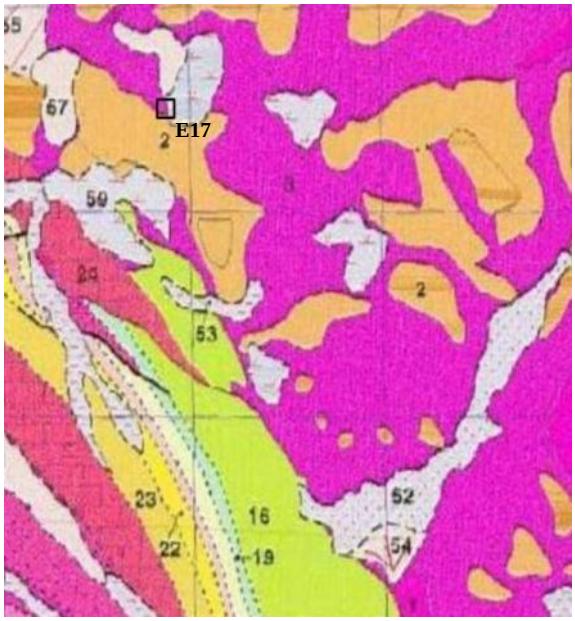
Nombre: E17
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	791541
Y (UTM H30 ED 50)	4659521
Cota	687





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45428
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	100	**Stacking:**	64
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	335
Frecuencia (Hz):	1934.3	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	21-08-2008		

Observaciones

Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

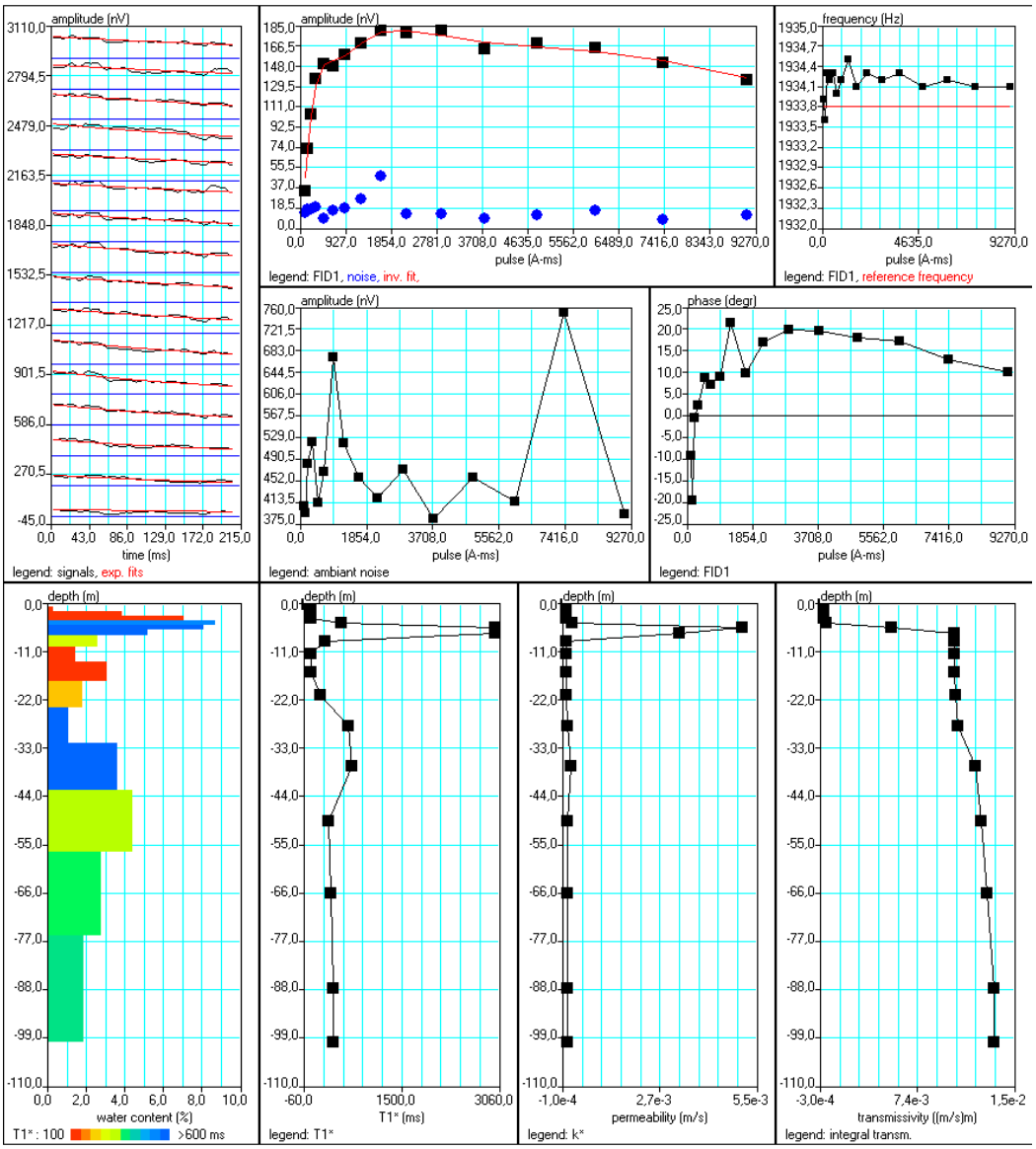
Perfiles eléctricos cercanos: PE1, PE5, PE9

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	1-C100.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-20m	100 Ohm.m
20m-100	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.9
Time constant (ms):	15.00
Average S/N//EN/IN :	6.46//3.36
Fitting error FID1//FID2:	2.92%//18.44%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	274.7//1.669
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

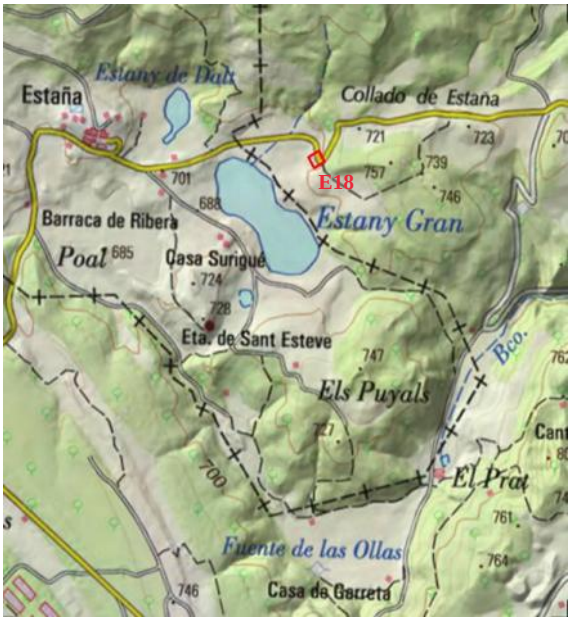
Identificación

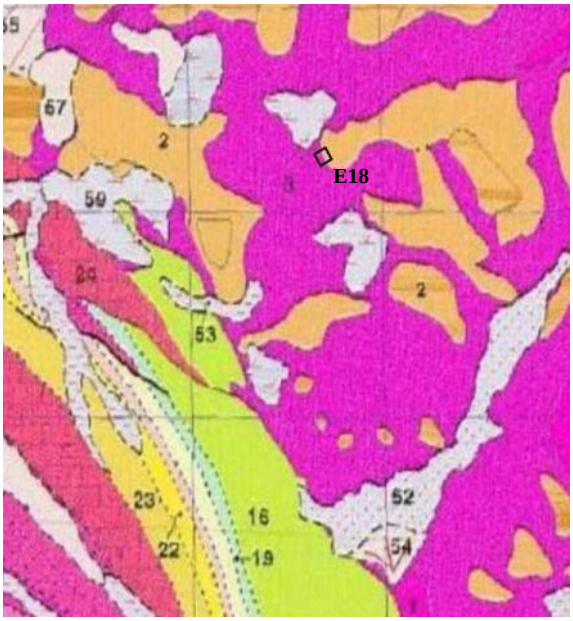
Nombre: E18
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	792384
Y (UTM H30 ED 50)	4659337
Cota	687





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45439
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	100	**Stacking:**	76
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	390
Frecuencia (Hz):	1935	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	22-08-2008		

Observaciones

Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

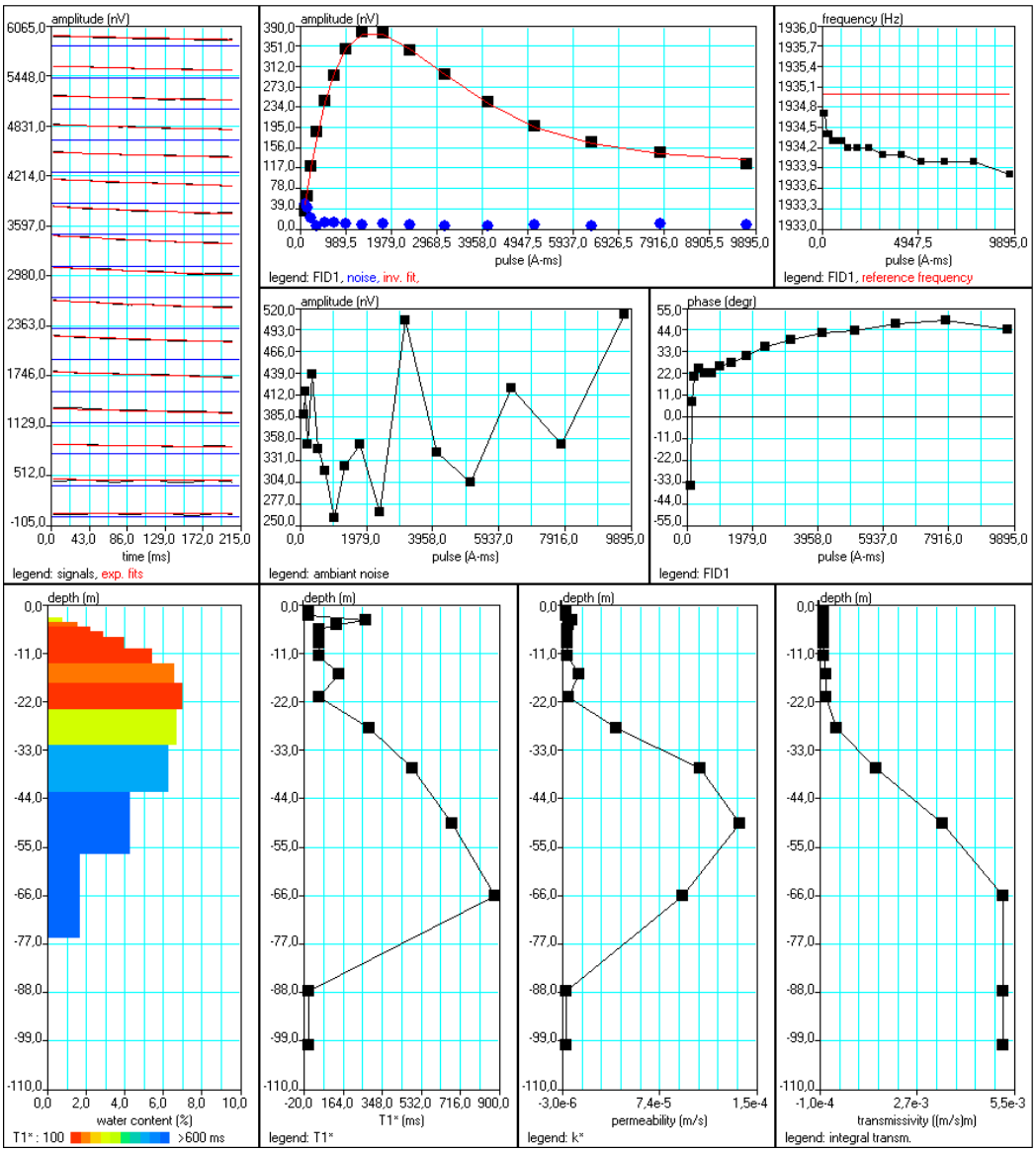
Perfiles eléctricos cercanos: PE8

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	4A-C100.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-100m	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.8
Time constant (ms):	15.00
Average S/N//EN/IN :	13.82//2.74
Fitting error FID1//FID2:	2.70%//8.78%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	1464.8//0.715
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

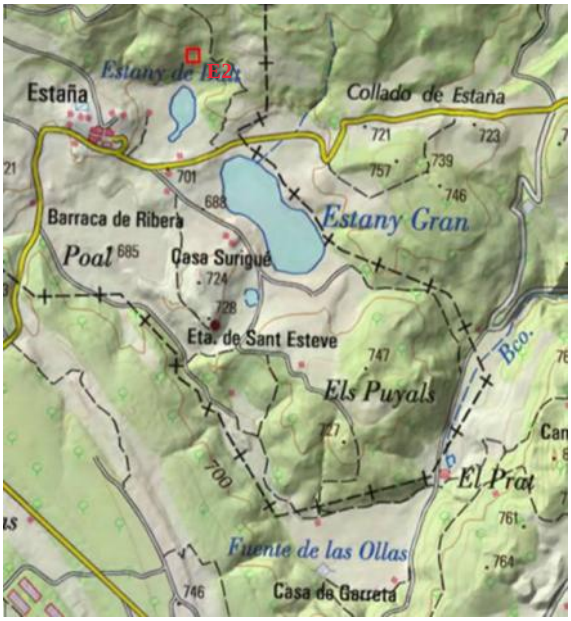
Identificación

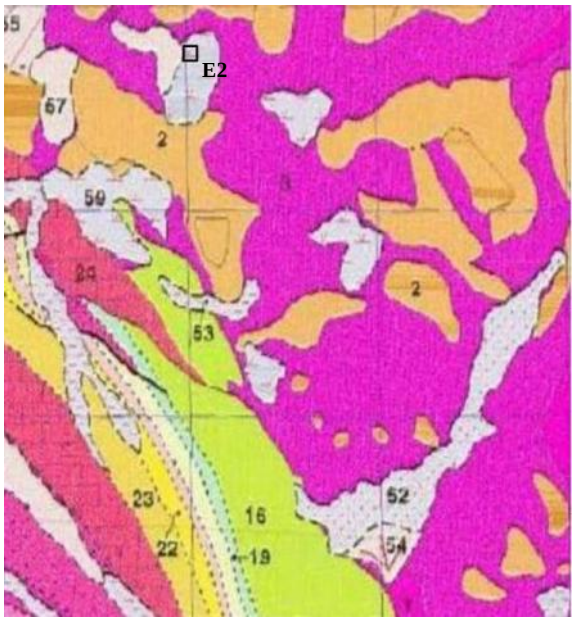
Nombre: E2
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	791672
Y (UTM H30 ED 50)	4659784
Cota	672





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45435
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	75	**Stacking:**	64
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	231
Frecuencia (Hz):	1935	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	13-08-2008		

Observaciones

Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

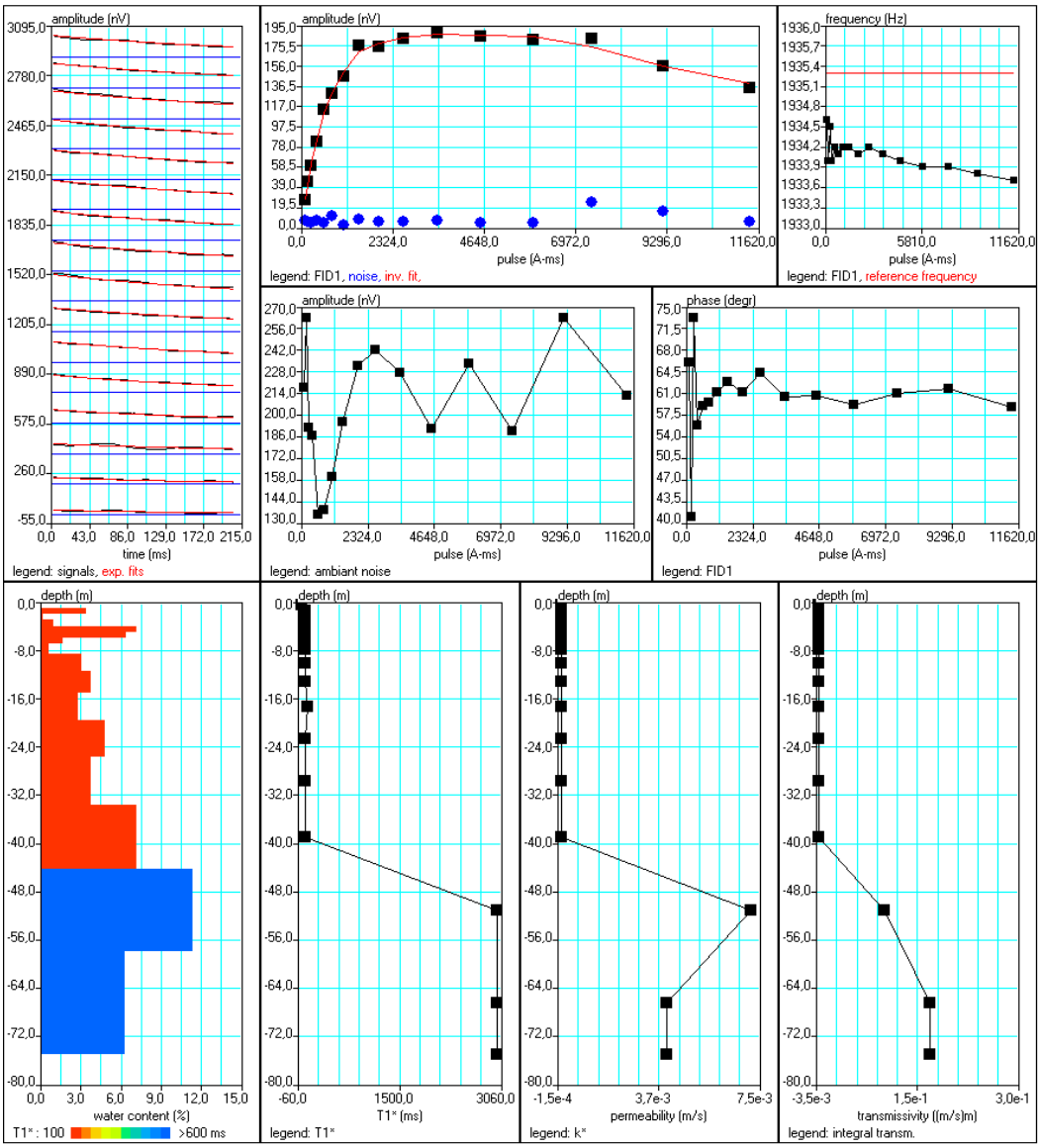
Perfil eléctrico cercano: PE1

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	3-C75.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-75m	100 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.8
Time constant (ms):	15.00
Average S/N//EN/IN :	11.98//1.62
Fitting error FID1//FID2:	2.38%//17.44%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	47.7//2.146
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

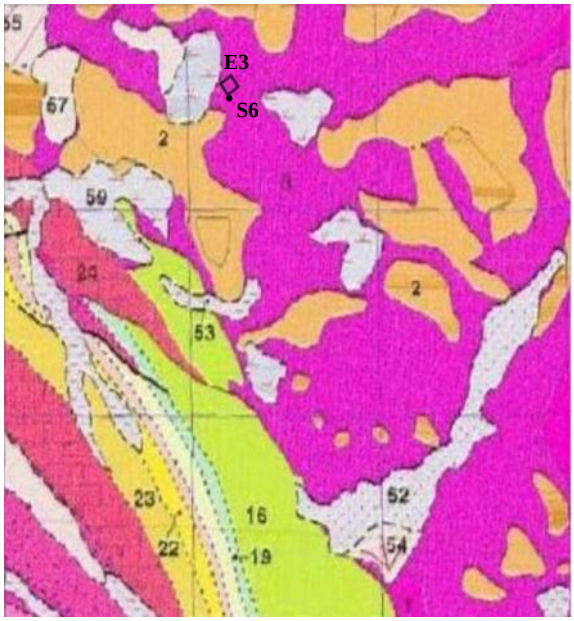
Identificación

Nombre: E3
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	791884
Y (UTM H30 ED 50)	4659638
Cota	688



Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45422
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	100	**Stacking:**	64
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	125
Frecuencia (Hz):	1935	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	13-08-2008		

Observaciones

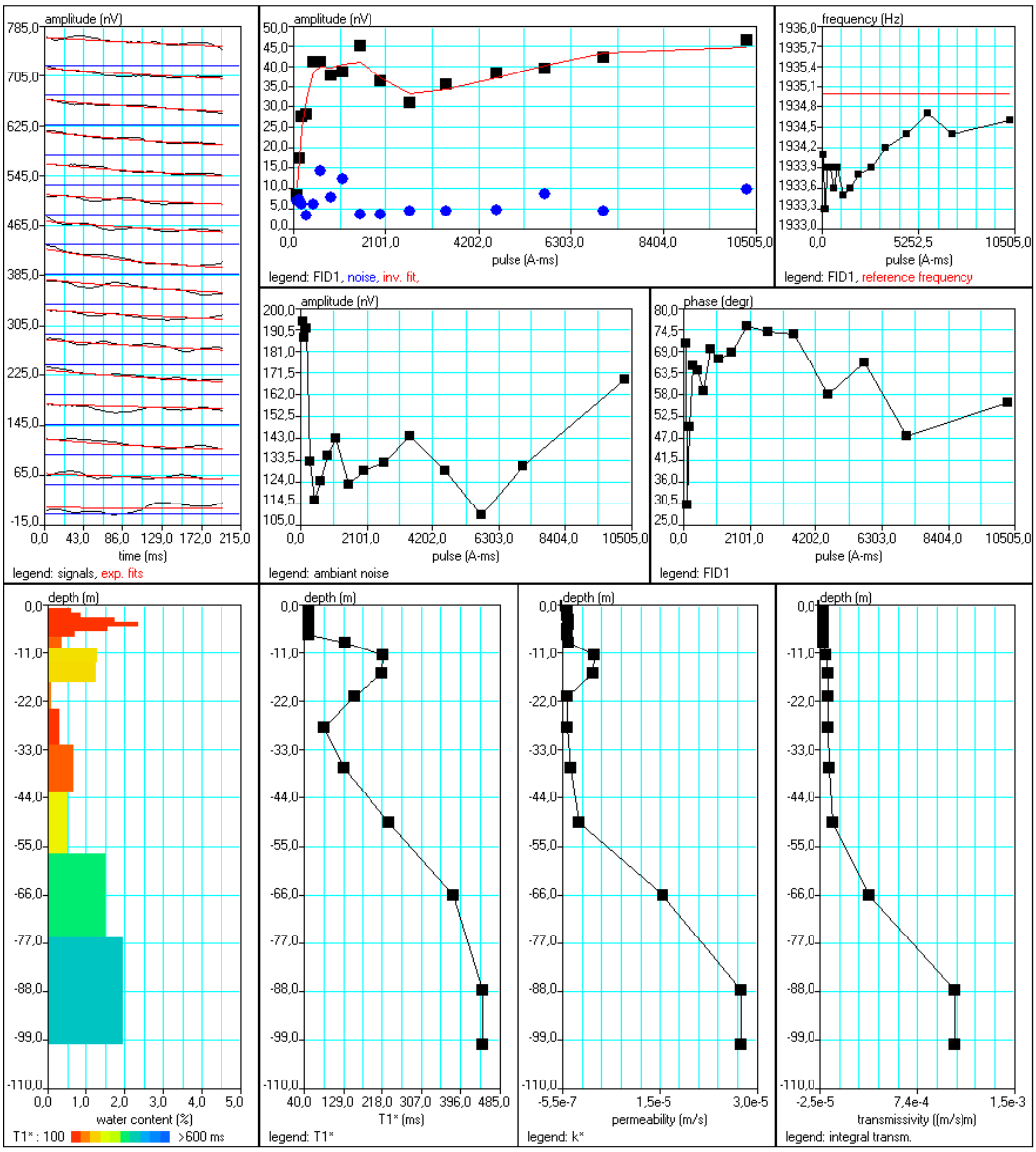
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	5-C100.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-60m	30 Ohm.m
60m-120m	5 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.8
Time constant (ms):	15.00
Average S/N//EN/IN :	3.74//1.37
Fitting error FID1//FID2:	5.84%//15.54%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	366.2//0.954
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



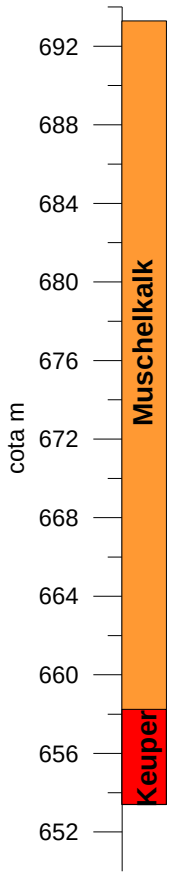
Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

Sondeo S6

Coordenadas

X (UTM H30 ED 50)	791904
Y (UTM H30 ED 50)	4659464
Cota	692.47



Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	40
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	
Nivel piezométrico (m)	14.29

Observaciones

Existe testificación del sondeo

Perfiles eléctricos cercanos: PE5

Banco de Datos de SRM

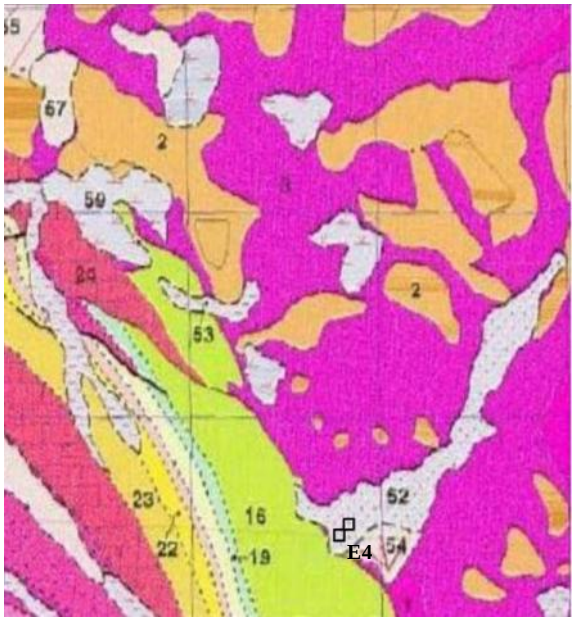
Identificación

Nombre: E4
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	792642
Y (UTM H30 ED 50)	4657524
Cota	618



Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45270
Antena:	Ocho cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	75	**Stacking:**	32
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	215
Frecuencia (Hz):	1927.5	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	14-08-2008		

Observaciones

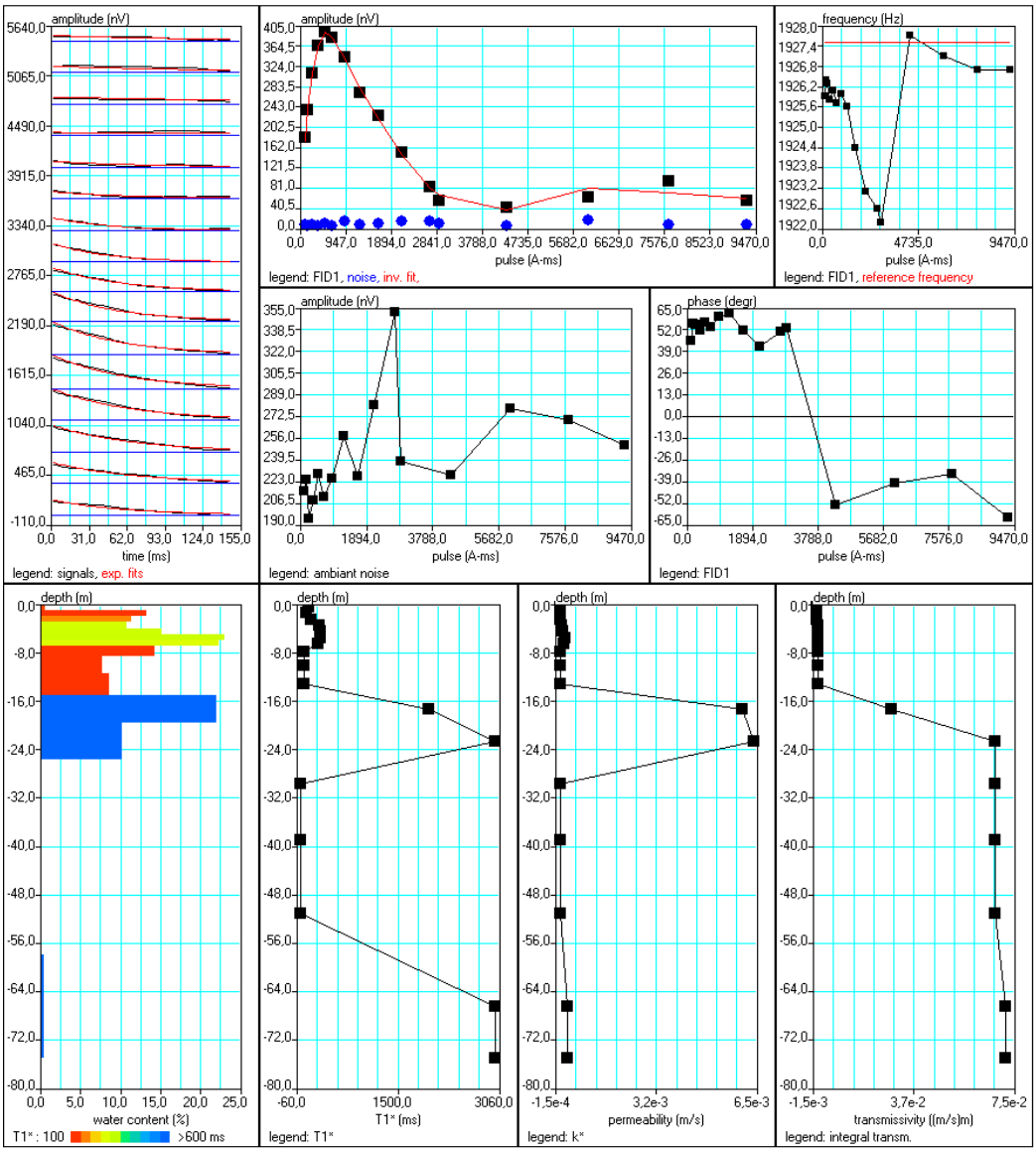
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	4b-8-75.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-75m	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	149.4
Time constant (ms):	10.00
Average S/N//EN/IN :	7.67//1.95
Fitting error FID1//FID2:	3.68%//9.40%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	198.4//3.576
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

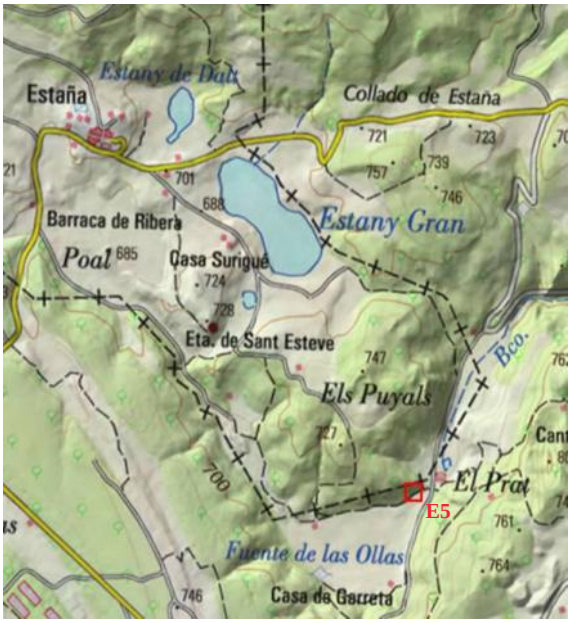
Identificación

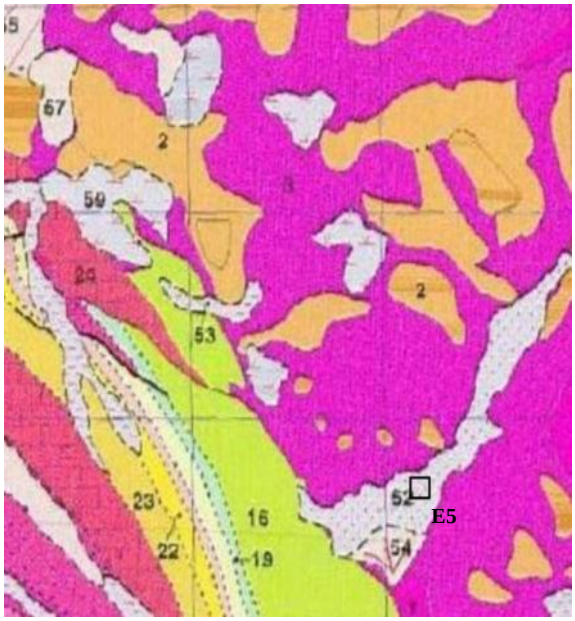
Nombre: E5
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	793004
Y (UTM H30 ED 50)	4657761
Cota	622





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45255
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	100	**Stacking:**	32
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	275
Frecuencia (Hz):	1927	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	14-08-2008		

Observaciones

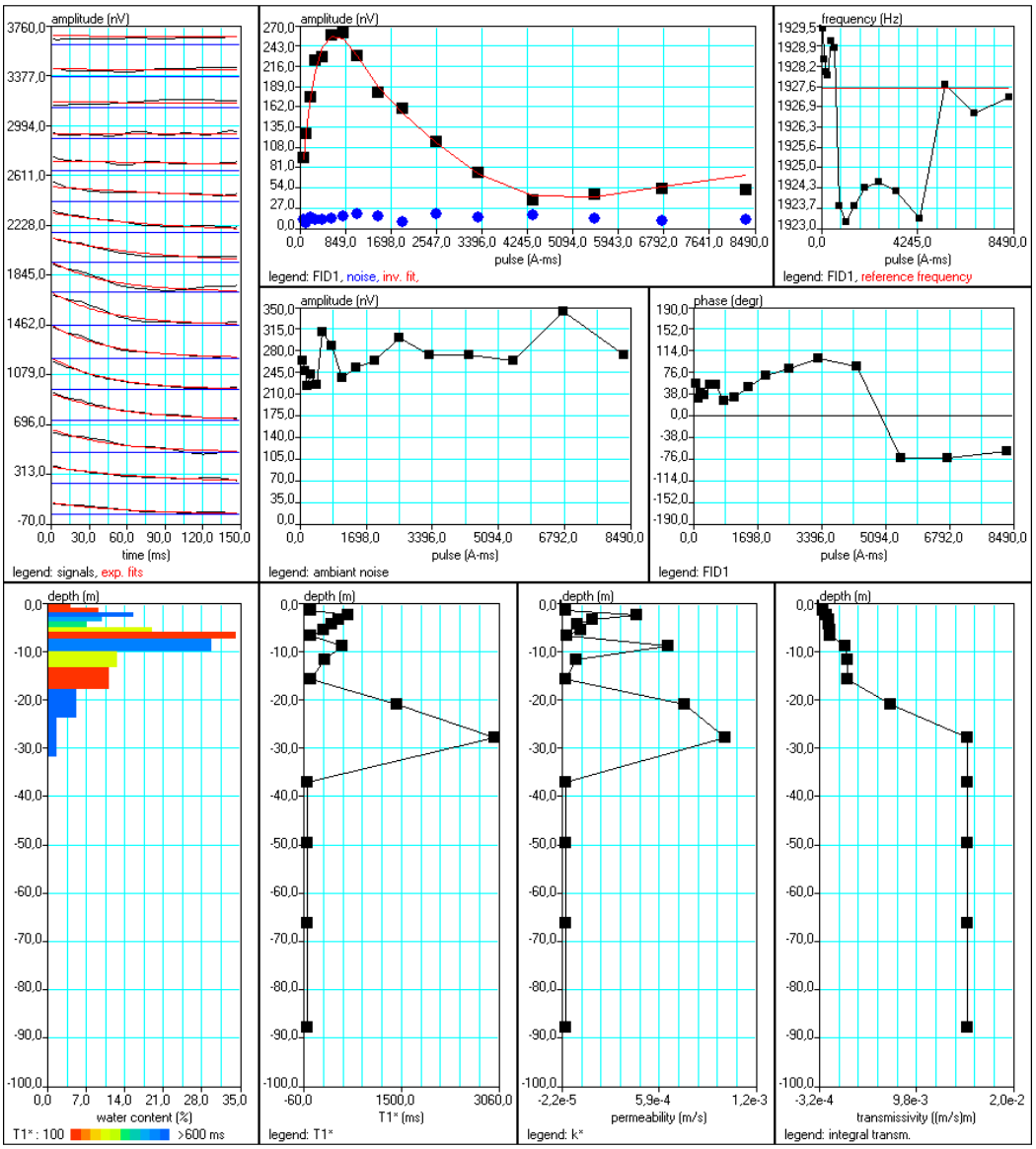
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	4b-C100.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-100m	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	149.4
Bandpass (Hz):	10.00
Average S/N//EN/IN :	4.70//2.64
Fitting error FID1//FID2:	4.72%//25.40%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	91.6//0.715
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

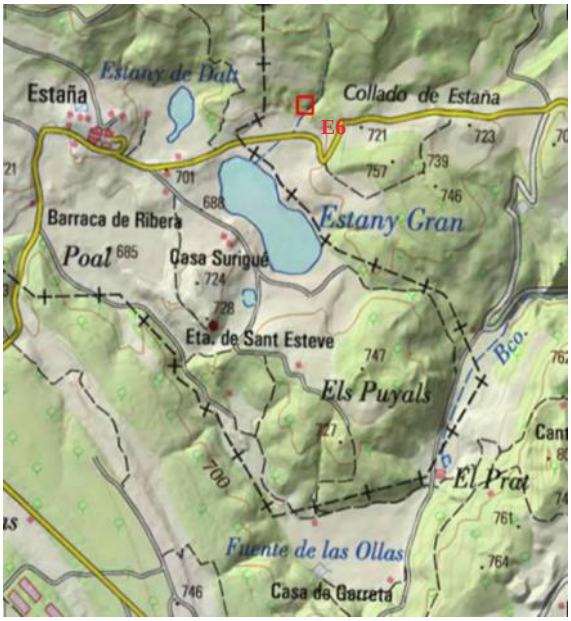
Identificación

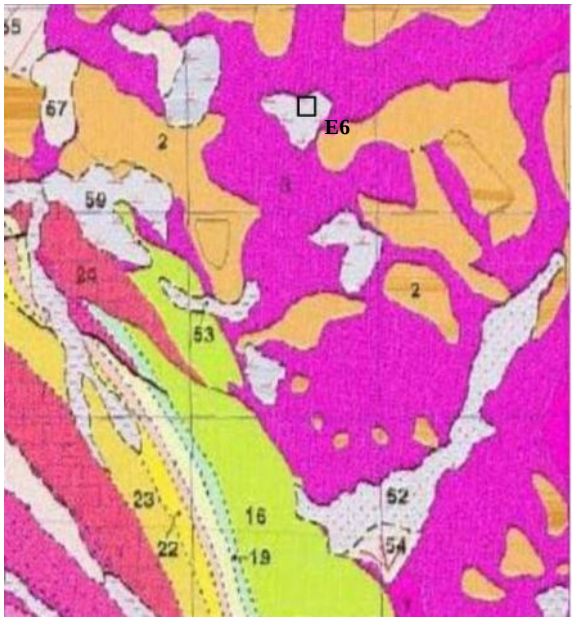
Nombre: E6
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	792296
Y (UTM H30 ED 50)	4659579
Cota	683





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45431
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	100	**Stacking:**	64-44
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	246
Frecuencia (Hz):	1934.5	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	18-08-2008		

Observaciones

Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

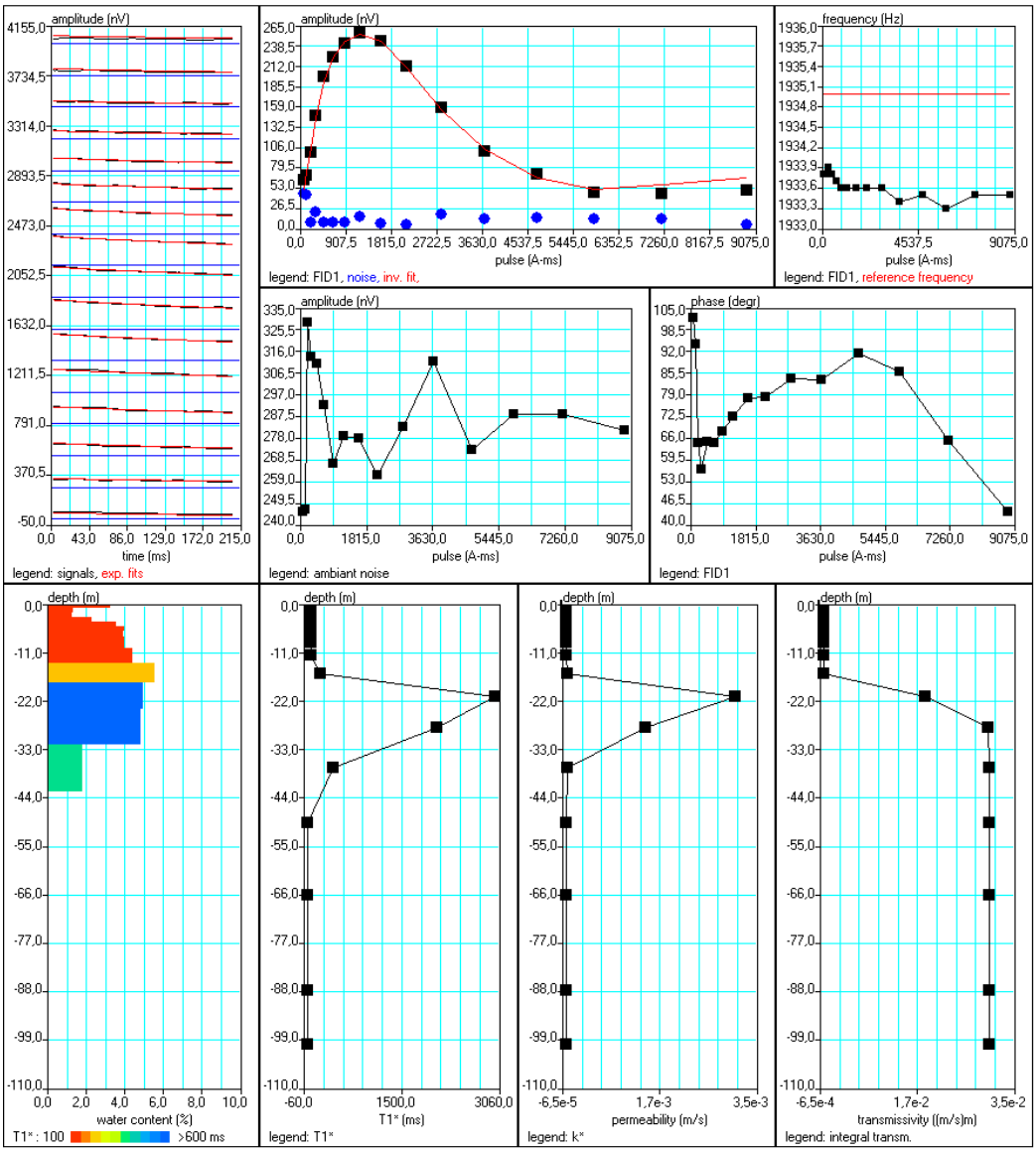
Perfiles eléctricos cercanos: PE8, PE5

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	4A-C100.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-100m	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.8
Time constant (ms):	15.00
Average S/N//EN/IN :	7.50//3.10
Fitting error FID1//FID2:	4.36%//34.96%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	175.5//1.192
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

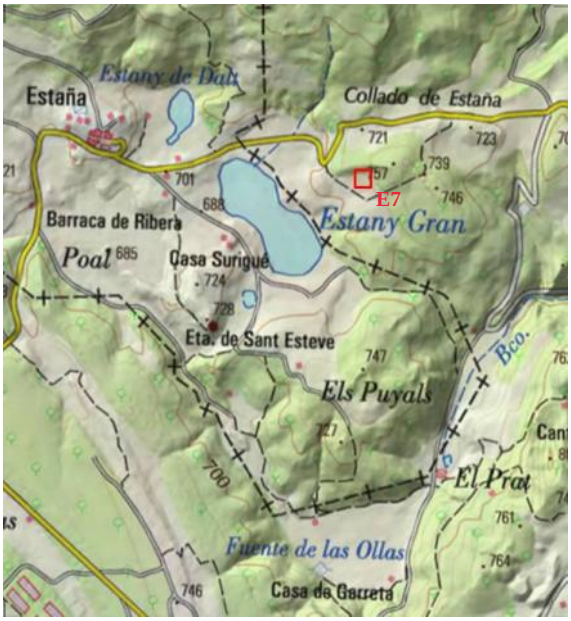
Identificación

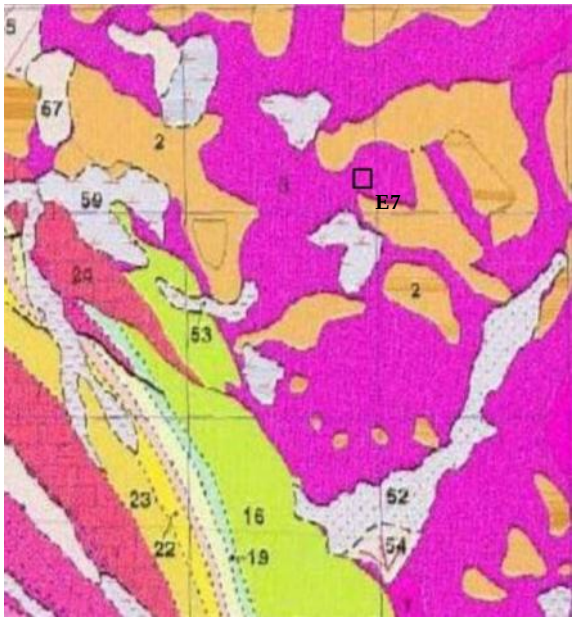
Nombre: E7
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	792619
Y (UTM H30 ED 50)	4659256
Cota	697





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45408
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	100	**Stacking:**	64
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	260
Frecuencia (Hz):	1935.5	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	18-08-2008		

Observaciones

Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

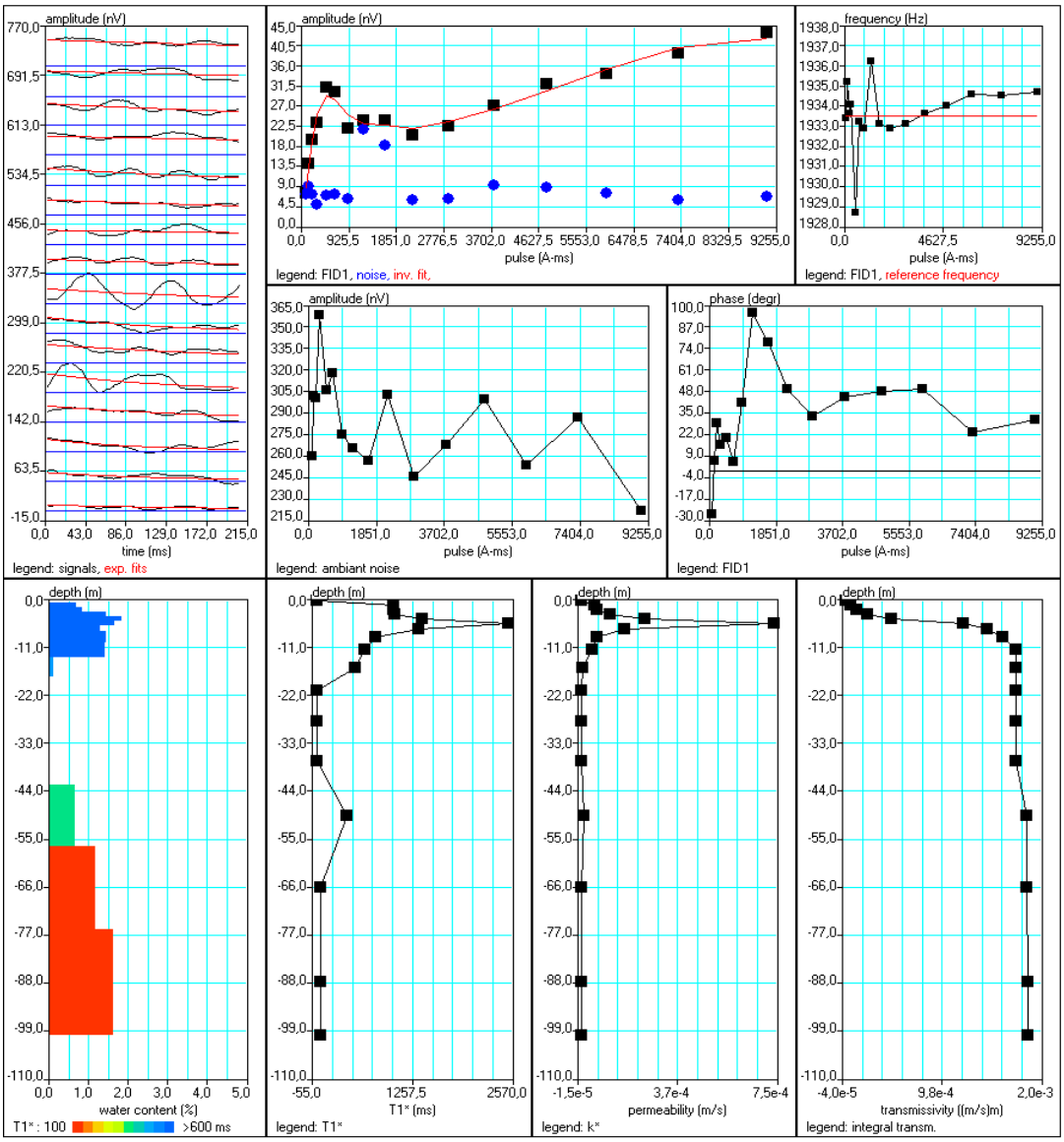
Perfiles eléctricos cercanos: PE8

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	1-C100.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-20m	100 Ohm.m
20m-100m	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.9
Time constant (ms):	10.00
Average S/N//EN/IN :	2.38//1.74
Fitting error FID1//FID2:	5.29%//31.11%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	244.1//0.715
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

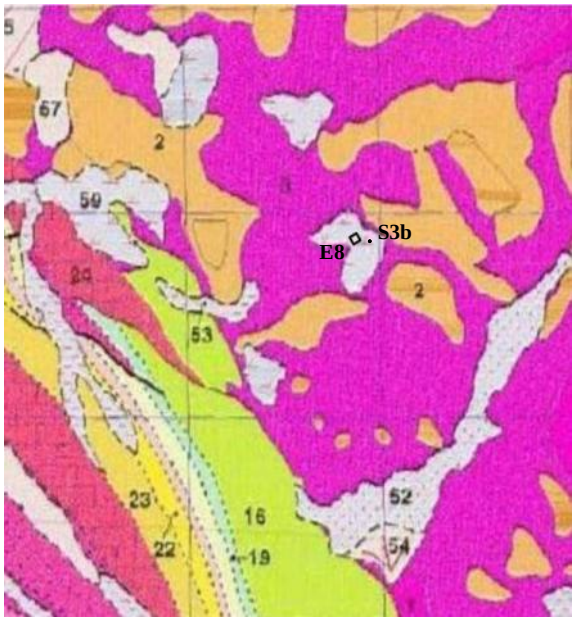
Identificación

Nombre: E8
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	792593
Y (UTM H30 ED 50)	4658959
Cota	678



Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45420
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	50	**Stacking:**	64
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	146
Frecuencia (Hz):	1934	**Nº de convertidores:**	1
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	18-08-2008		

Observaciones

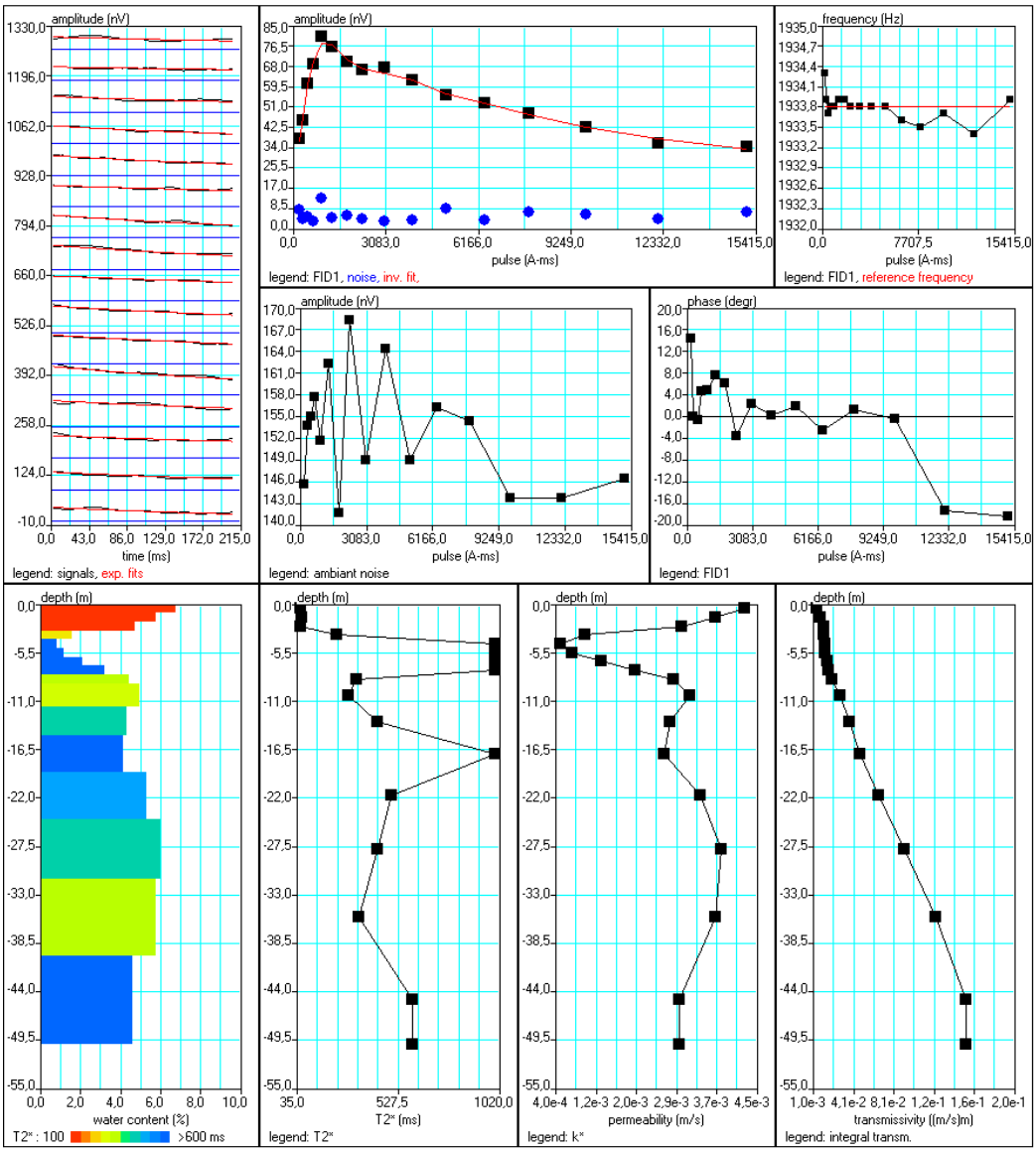
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	4A-C50.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-50m	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.9
Time constant (ms):	20.00
Average S/N//EN/IN :	8.20//1.13
Fitting error FID1//FID2:	2.15%//72979.05%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	91.6//500000
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



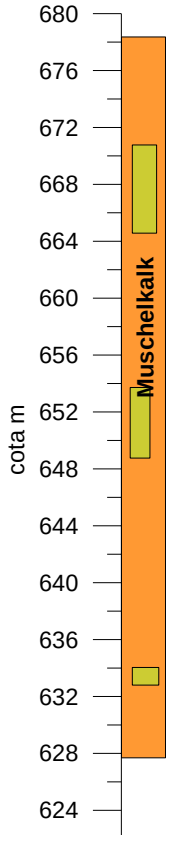
Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

Sondeo S3b

Coordenadas

X (UTM H30 ED 50)	792682
Y (UTM H30 ED 50)	4659001
Cota	678.35



Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	49.2
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	
Nivel piezométrico (m)	6.95

Observaciones

Existe testificación del sondeo

Los recuadros que aparecen son tramos más arcillosos

Perfiles eléctricos cercanos: PE7

Banco de Datos de SRM

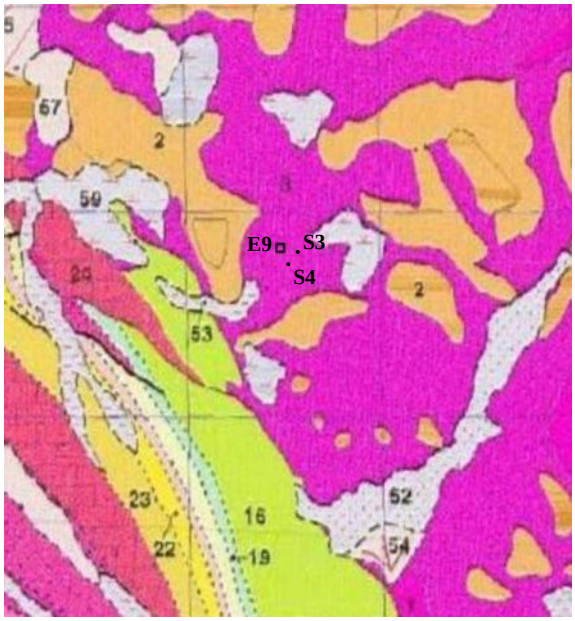
Identificación

Nombre: E9
Informe: Interpretación integrada de sondeos de resonancia magnética, perfiles de resistividad y testificación de sondeos en las Lagunas de Estaña (Huesca)
Autores: Juan L. Plata
Proyecto: Funcionamiento hidrogeológico de humedales relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Ebro
Fecha: Mayo 2010
Número en el centro de documentación del IGME: 63764

Localización

Comunidad Autónoma:	Aragón
Provincia:	Huesca
Hoja MTN50:	Benabarre 289

X (UTM H30 ED 50)	792212
Y (UTM H30 ED 50)	4658875
Cota	678



Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	45406
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	50	**Stacking:**	64
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	107
Frecuencia (Hz):	1933.4	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	19-08-2008		

Observaciones

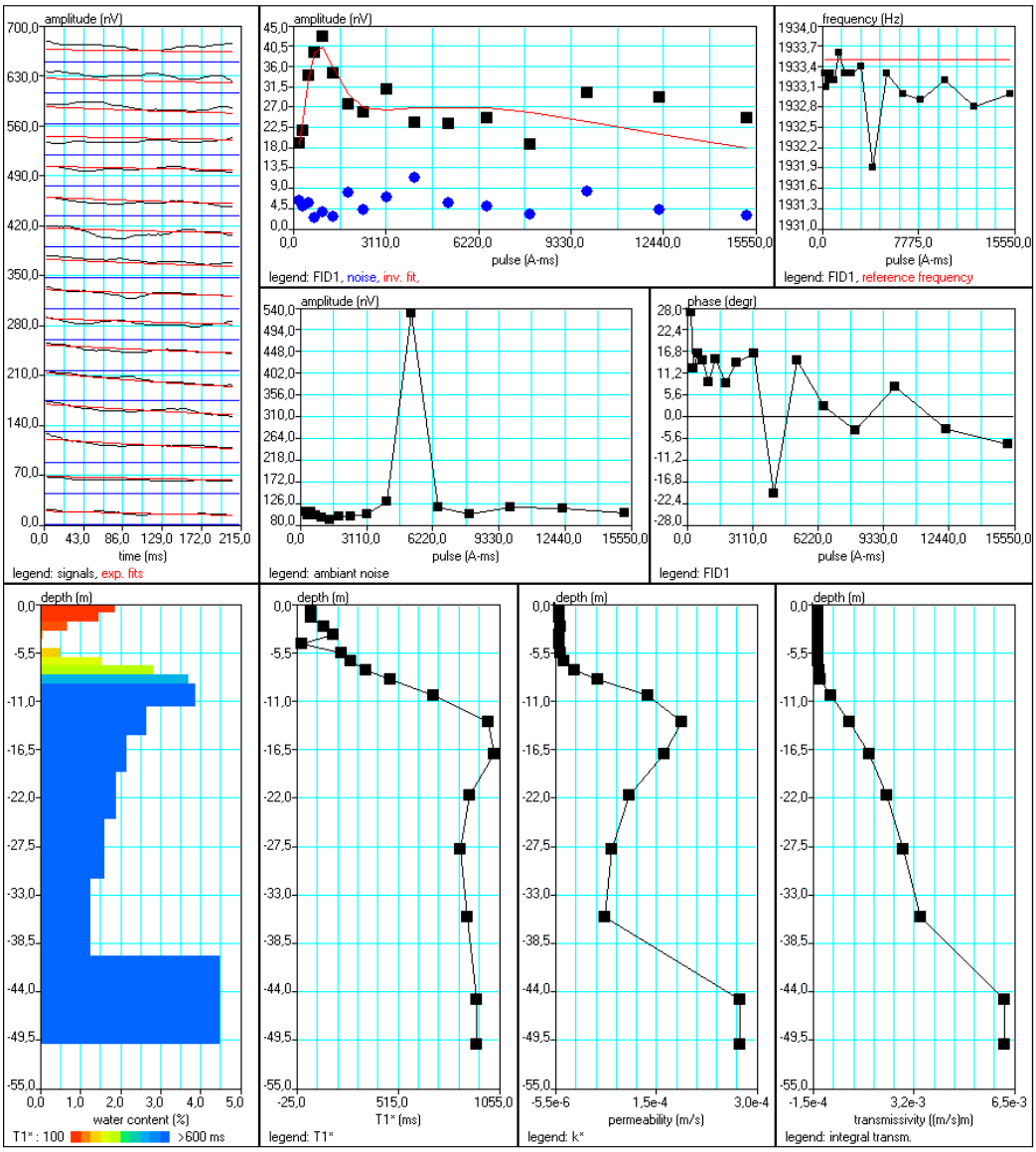
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	4A-C50.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-50m	30 Ohm.m

Software:	SAMOVAR (2008)
Filtering window (ms) :	208.9
Time constant (ms):	20.00
Average S/N//EN/IN :	4.47//1.07
Fitting error FID1//FID2:	14.19%//34.34%
Parameter of regularization E,T2*//T1* :	137.3//2.146
Permeability constant Cpx:	7.00e-9



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

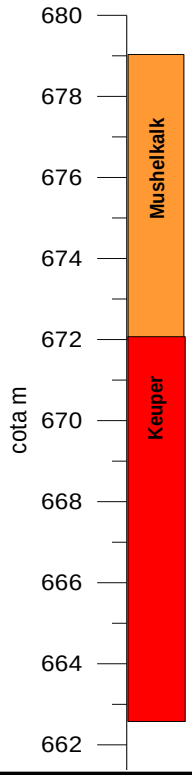
Sondeo S3

Coordenadas

X (UTM H30 ED 50)	792321
Y (UTM H30 ED 50)	4658907
Cota	676.57

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	15
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	
Nivel piezométrico (m)	4.05



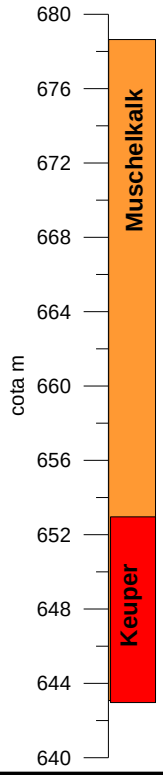
Sondeo S4

Coordenadas

X (UTM H30 ED 50)	792252
Y (UTM H30 ED 50)	4658797
Cota	677.4

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	35.5
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	
Nivel piezométrico (m)	5.12



Observaciones

Existe testificación de los sondeos

Perfiles eléctricos cercanos: PE9, PE10

Banco de Datos de SRM

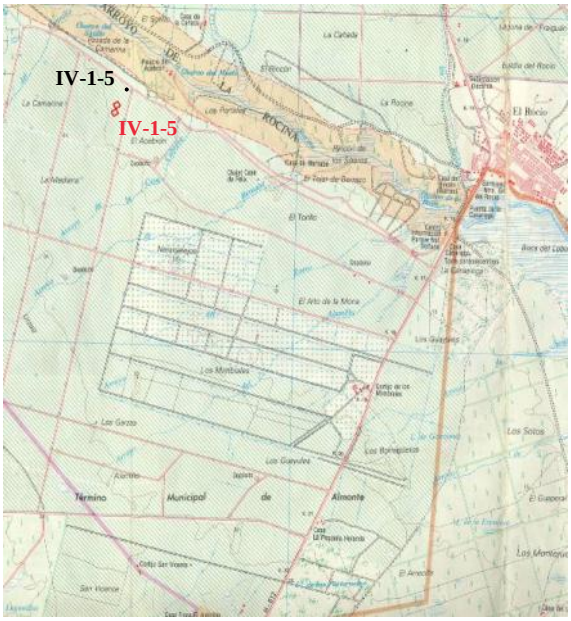
Identificación

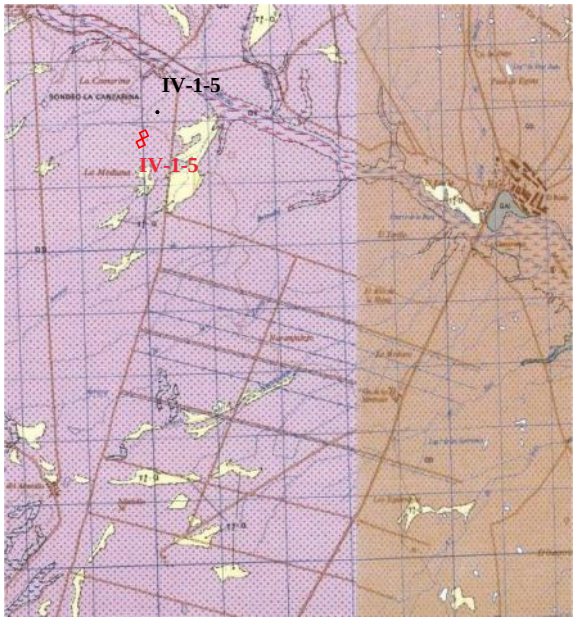
Nombre: IV-1-5
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	717120
Y (UTM H29 ED 50)	4113648
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43055
Antena:	Ocho cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	75	**Stacking:**	48
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	1700
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	19-10-2005		

Observaciones

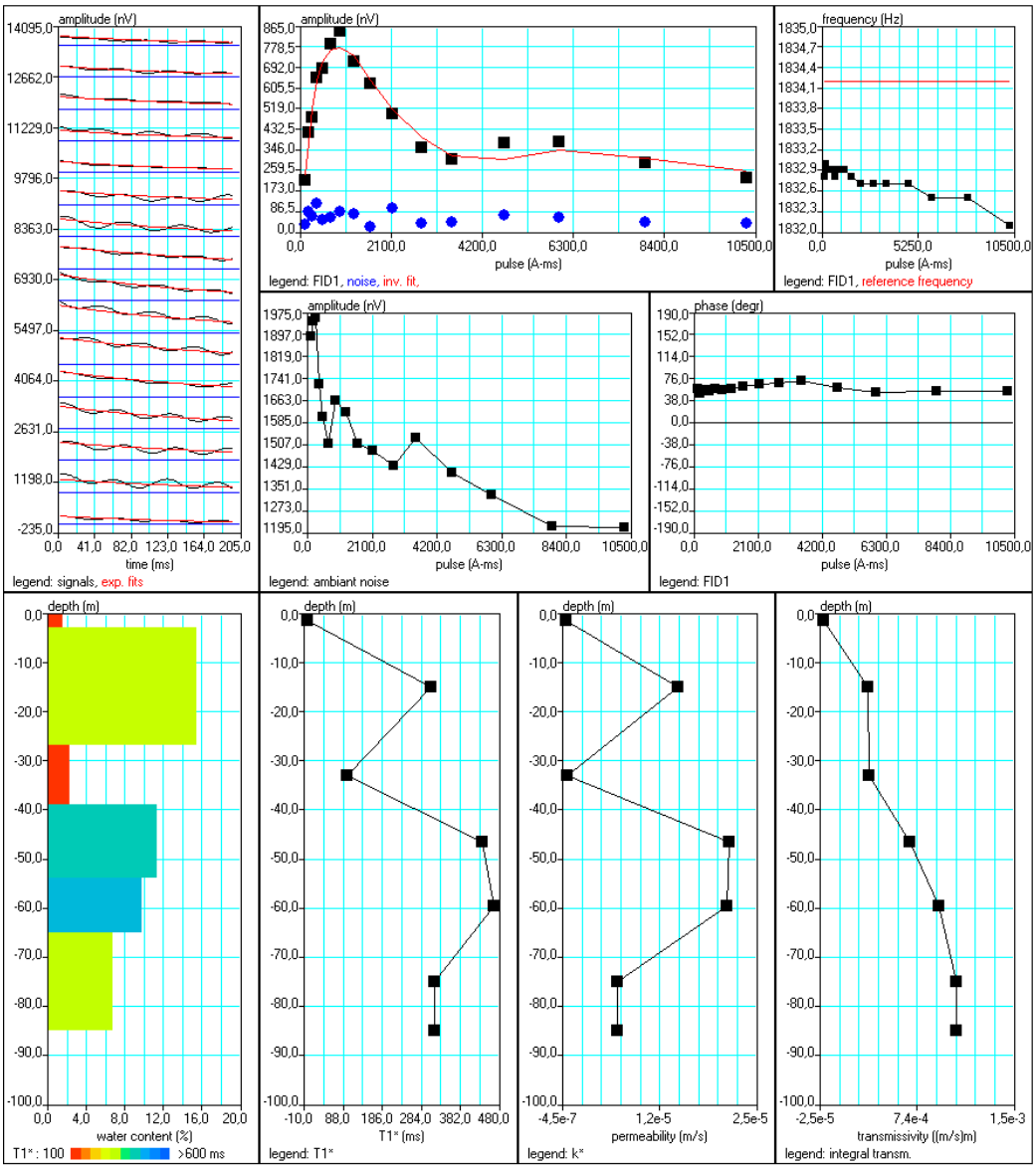
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	75oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-75m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	8.01
Fitting error :	1.86 %
Parameter of regularization :	2752.3
Permeability constant Cpx:	9.92e-10



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

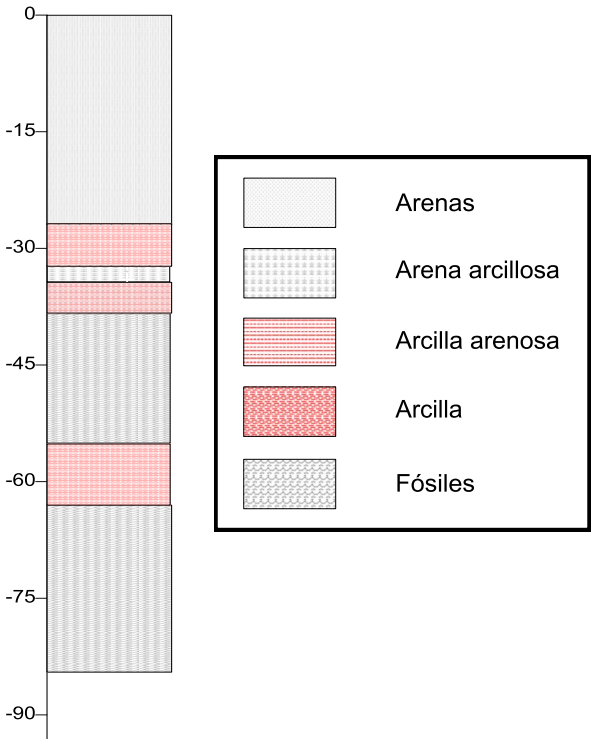
Sondeo IV-1-5

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	717402
Y (UTM H29 ED 50)	4113917
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	87
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	2.4e-05
Nivel piezométrico (m)	



Observaciones

Banco de Datos de SRM

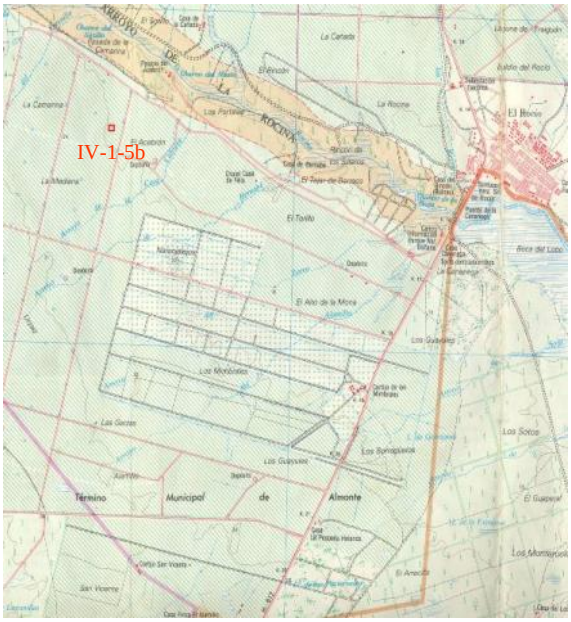
Identificación

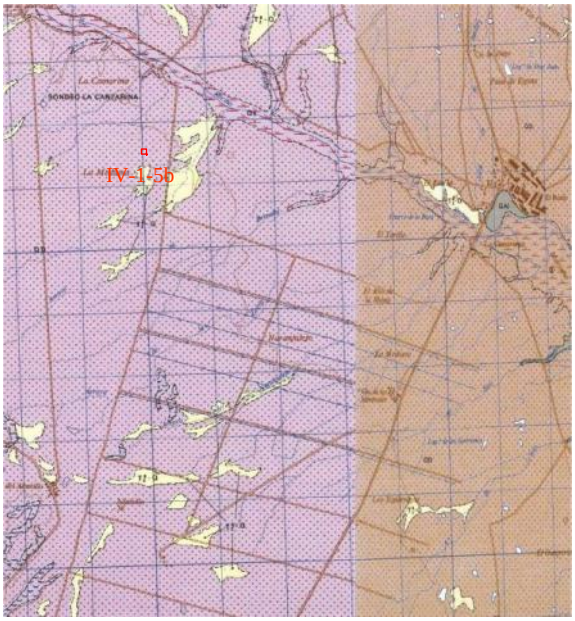
Nombre: IV-1-5b
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	717054
Y (UTM H29 ED 50)	4113375
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43033
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	48
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	3657
Frecuencia (Hz):	1833	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	19-10-2005		

Observaciones

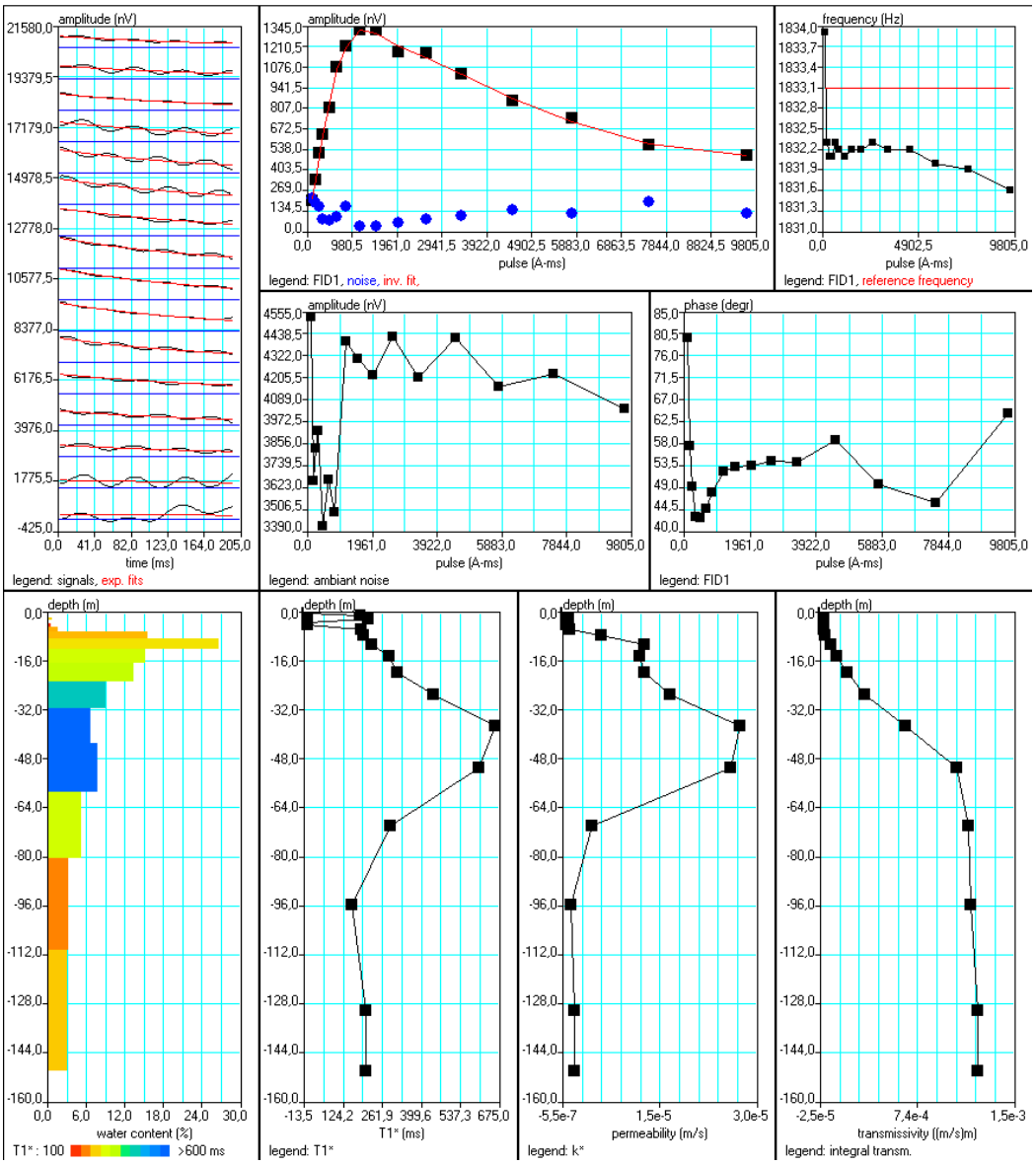
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.6
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	7.17
Fitting error :	0.54 %
Parameter of regularization :	345.2
Permeability constant Cpx:	9.92e-10



Banco de Datos de SRM

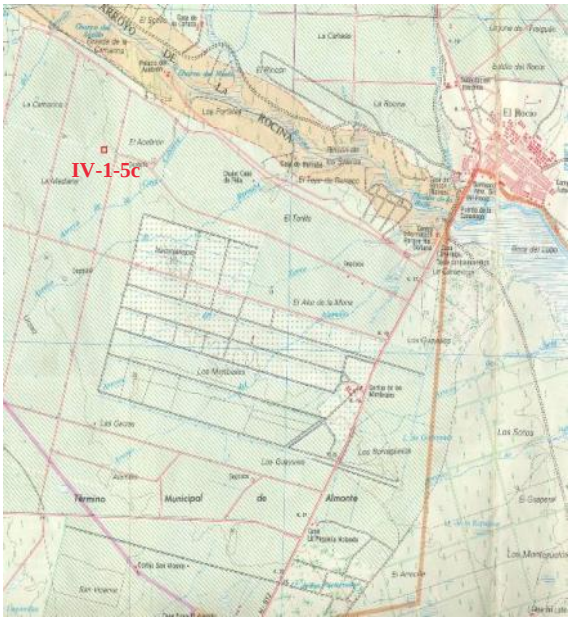
Identificación

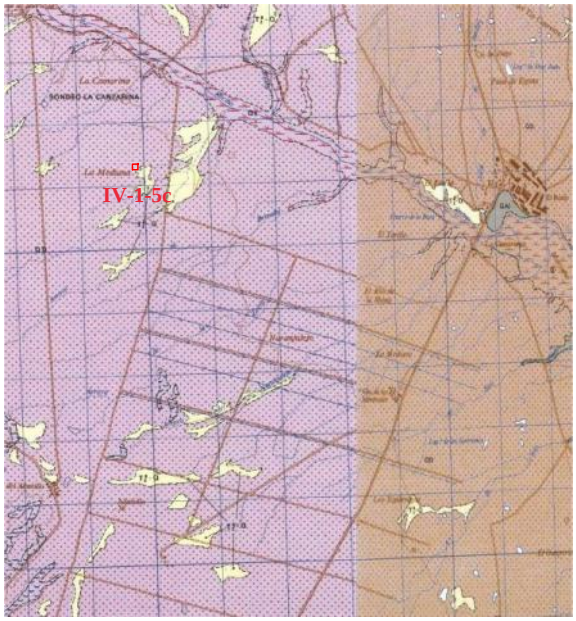
Nombre: IV-1-5c
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716967
Y (UTM H29 ED 50)	4113041
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43030
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	48
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	2998
Frecuencia (Hz):	1833	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	19-10-2005		

Observaciones

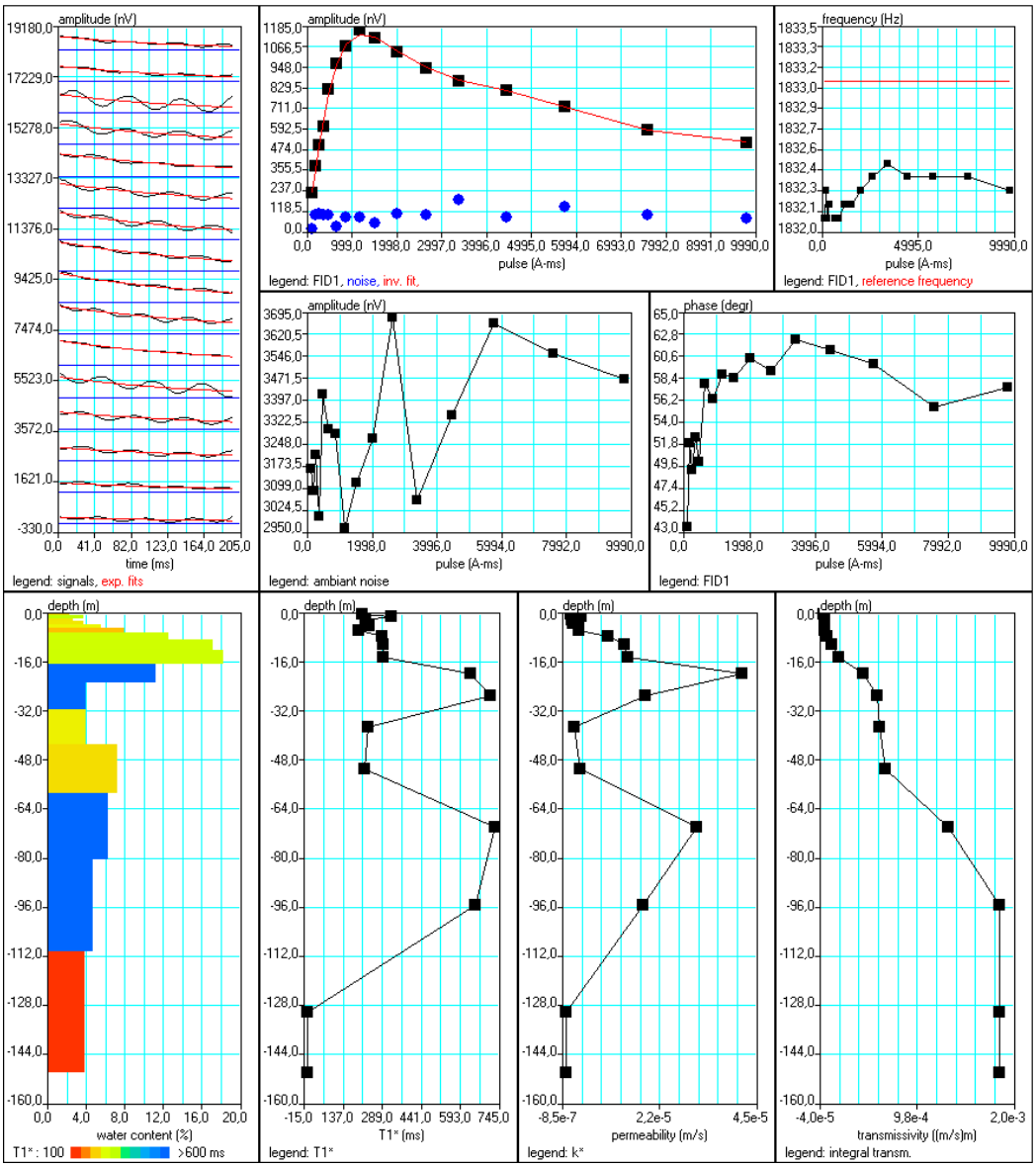
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.6
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	8.50
Fitting error :	0.50 %
Parameter of regularization :	824.0
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

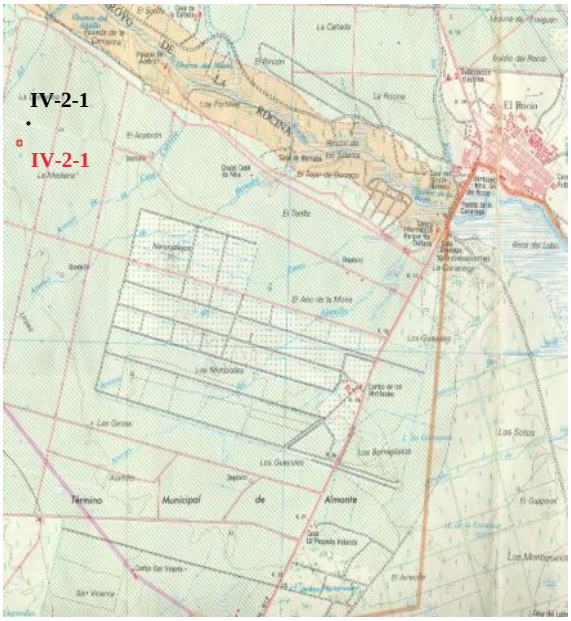
Identificación

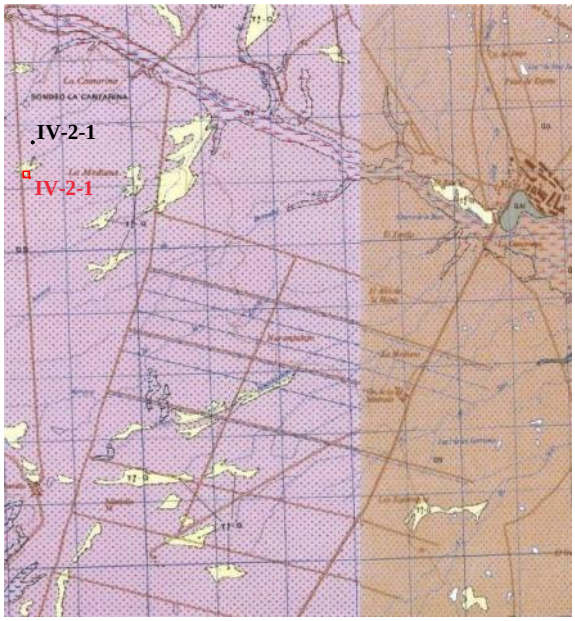
Nombre: SRM IV-2-1
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	715613
Y (UTM H29 ED 50)	4113041
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43029
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	263
Frecuencia (Hz):	1833	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	24-10-2005		

Observaciones

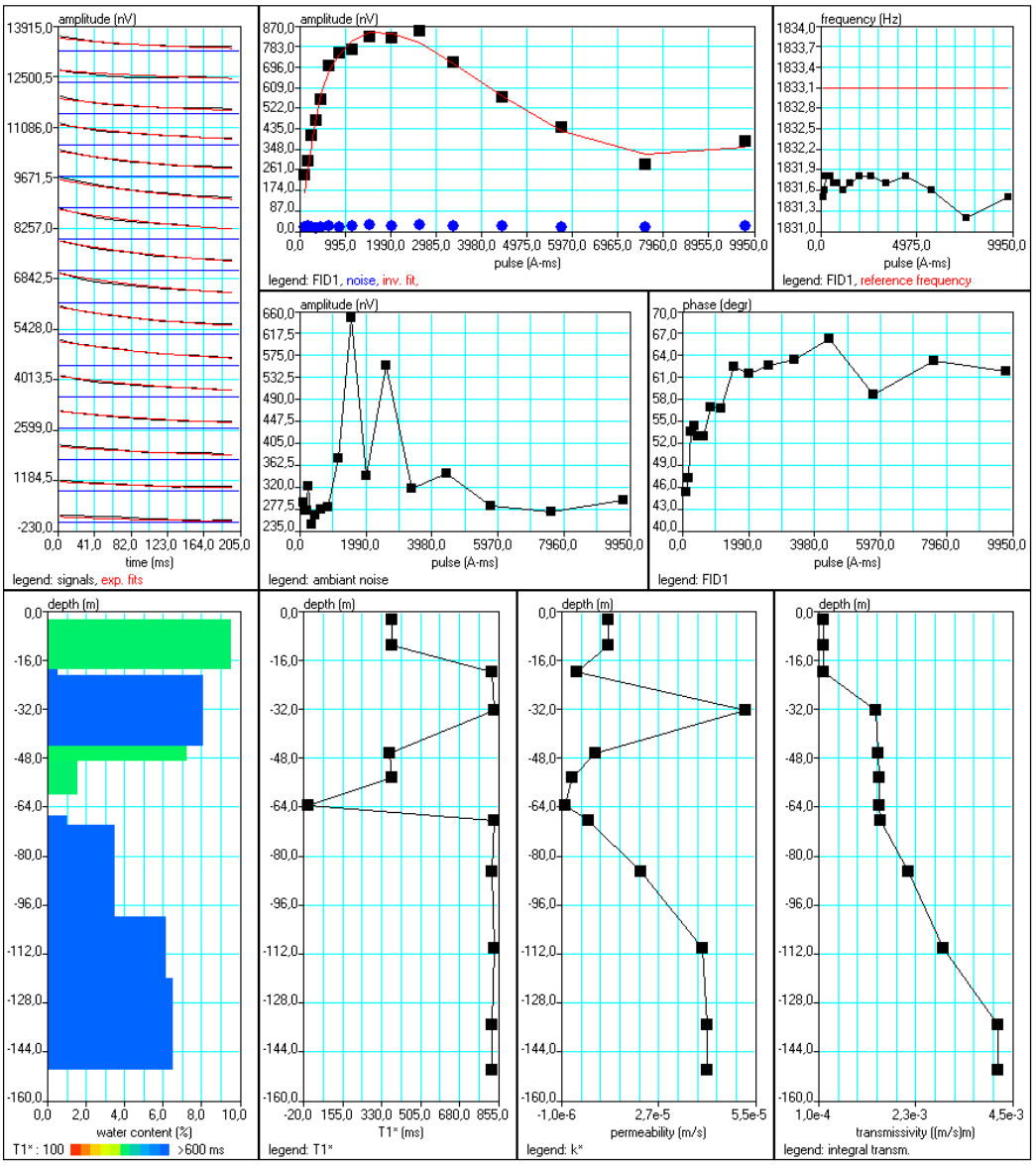
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.6
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	28.17
Fitting error :	1.5%
Parameter of regularization :	1014.7
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

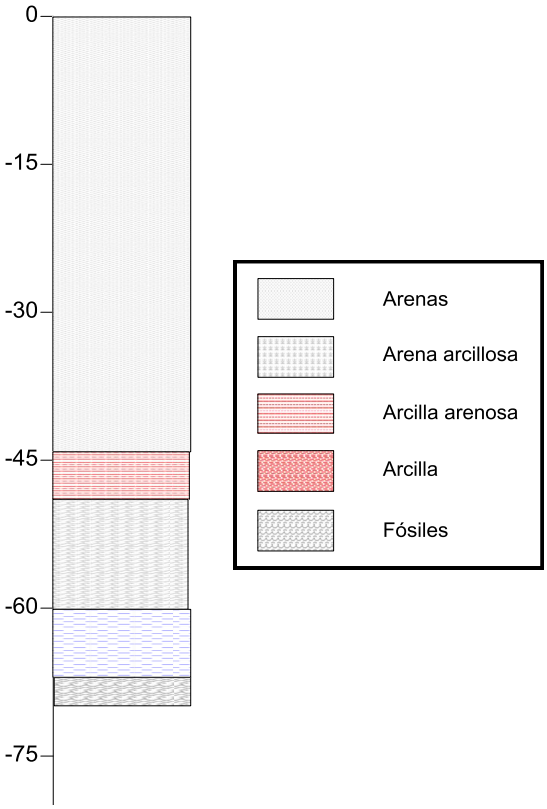
Sondeo IV-2-1

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	715733
Y (UTM H29 ED 50)	4113328
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	70
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	
Nivel piezométrico (m)	



Observaciones

Banco de Datos de SRM

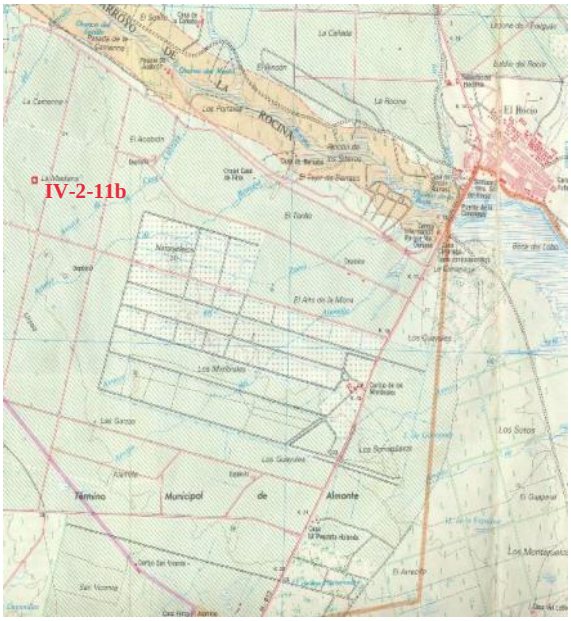
Identificación

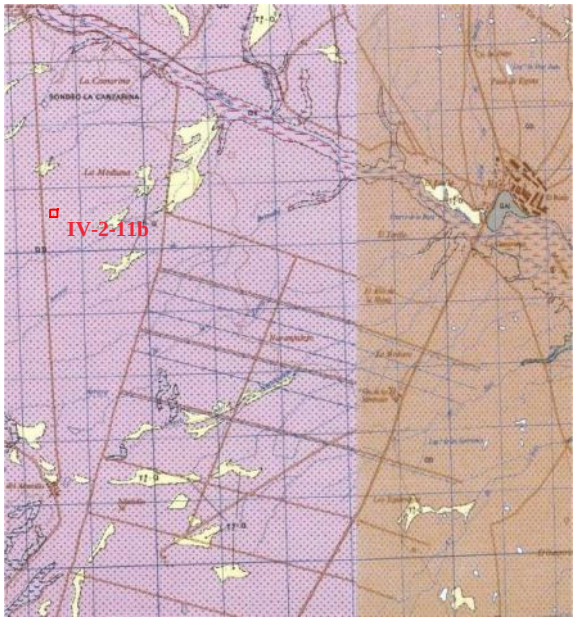
Nombre: IV-2-11b
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	715805
Y (UTM H29 ED 50)	4112529
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43053
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	16
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	288
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	28-10-2005		

Observaciones

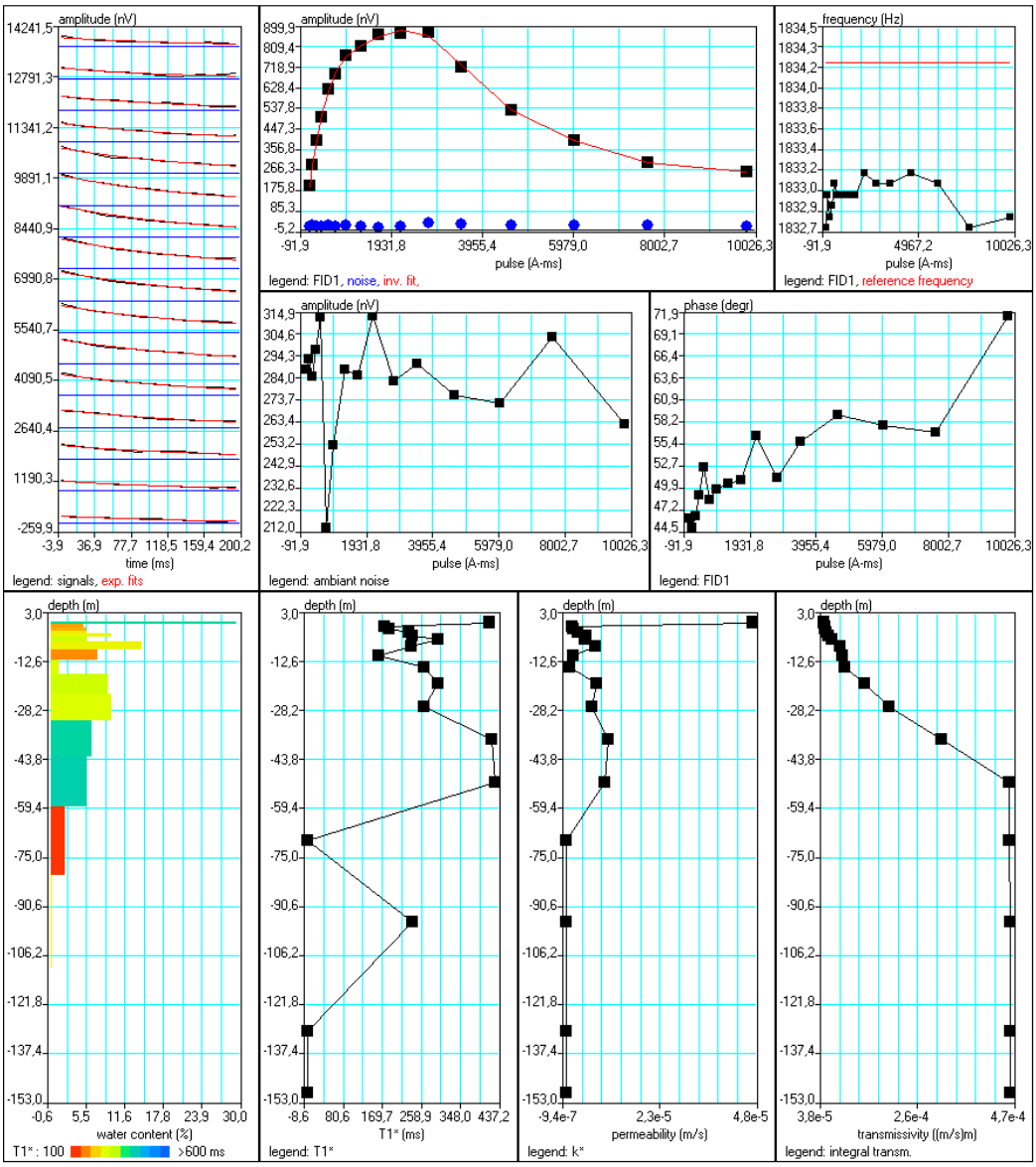
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	27.38
Fitting error :	0.36%
Parameter of regularization :	85.8
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

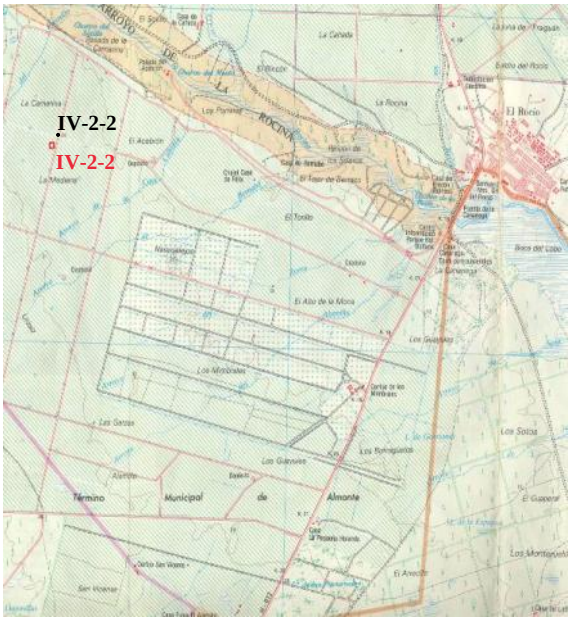
Identificación

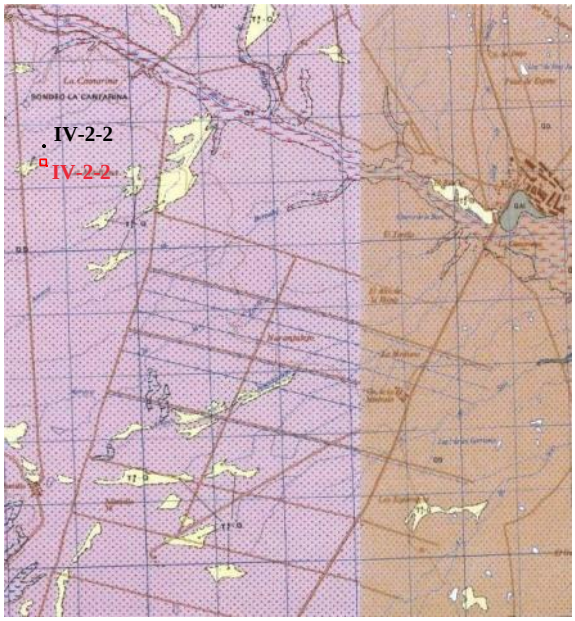
Nombre: SRM IV-2-2
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716113
Y (UTM H29 ED 50)	4113068
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43030
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	20
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	466
Frecuencia (Hz):	1833	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	24-10-2005		

Observaciones

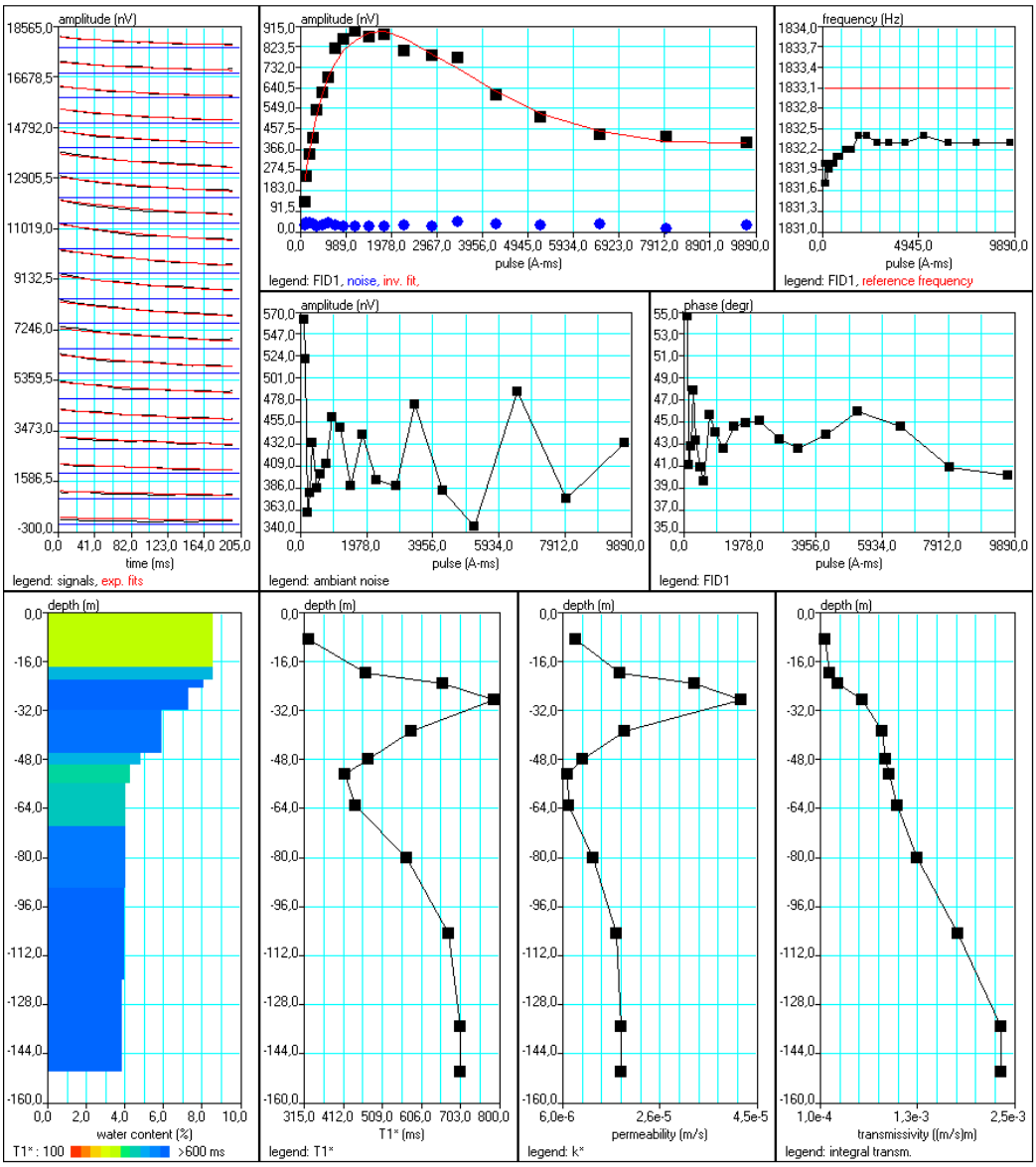
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.6
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	20.86
Fitting error :	1.4%
Parameter of regularization :	14648.4
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

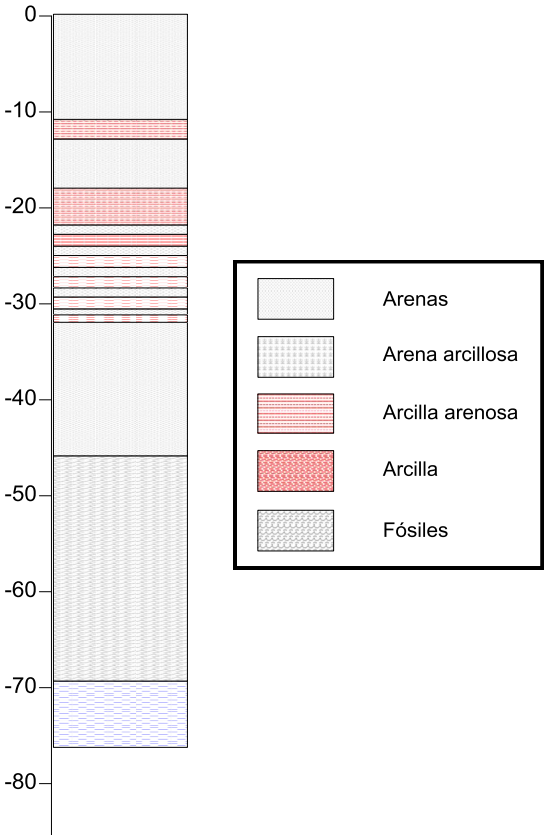
Sondeo IV-2-2

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	716229
Y (UTM H29 ED 50)	4113214
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	75
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	
Nivel piezométrico (m)	



Observaciones

Banco de Datos de SRM

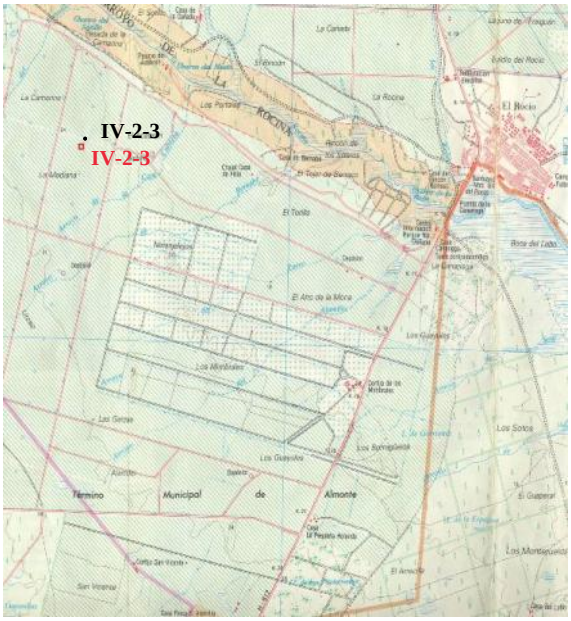
Identificación

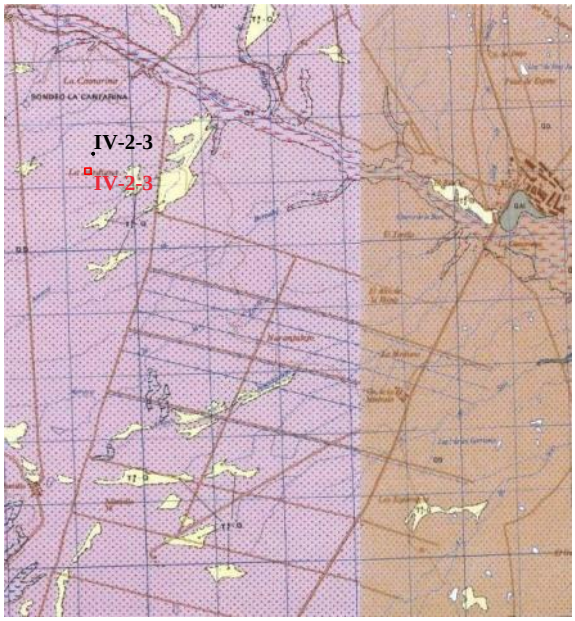
Nombre: SRM IV-2-3
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716608
Y (UTM H29 ED 50)	4112982
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43044
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	20
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	20/24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	1448
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	25-10-2005		

Observaciones

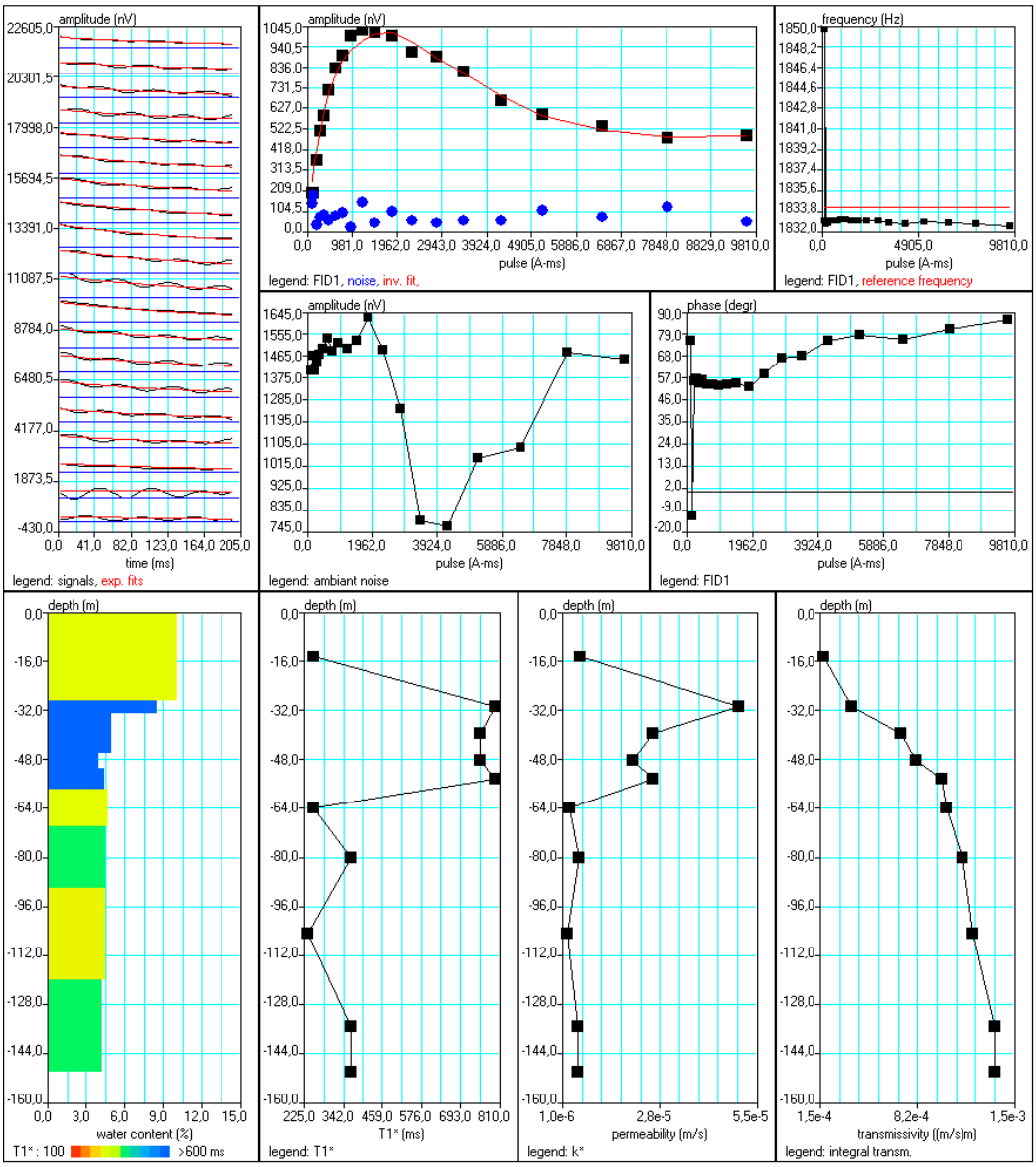
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	8.22
Fitting error :	1.5%
Parameter of regularization :	885.0
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

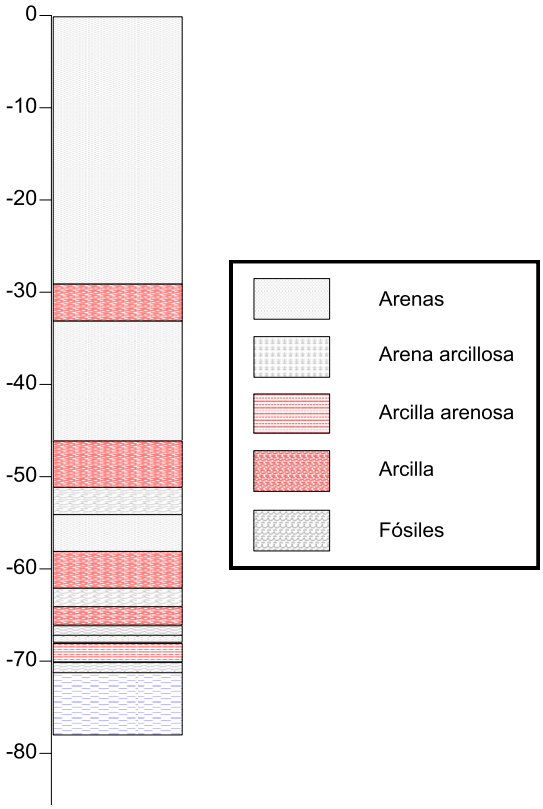
Sondeo IV-2-3

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	719746
Y (UTM H29 ED 50)	4113085
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	71
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	
Nivel piezométrico (m)	



Observaciones

Banco de Datos de SRM

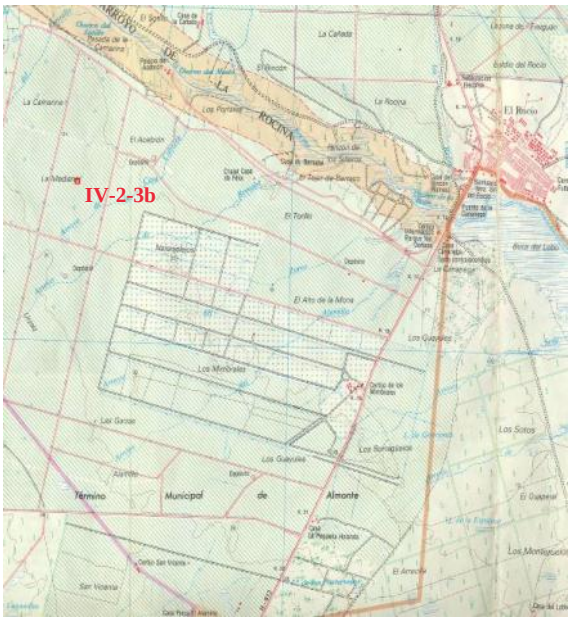
Identificación

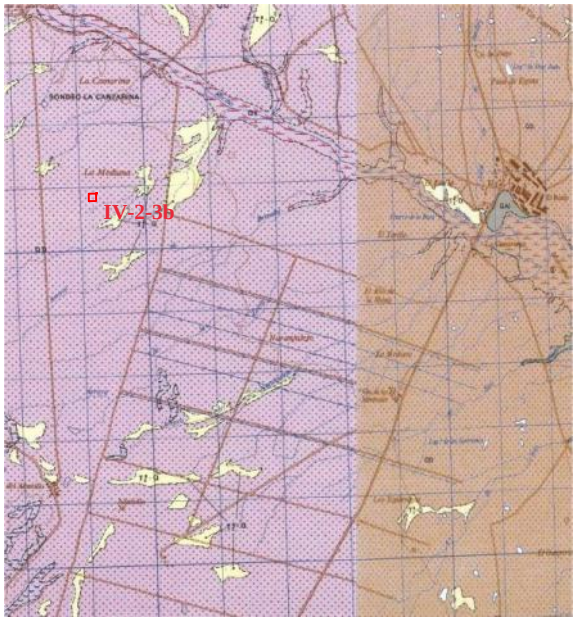
Nombre: IV-2-3b
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716502
Y (UTM H29 ED 50)	4112536
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43054
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	20
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	629
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	28-10-2005		

Observaciones

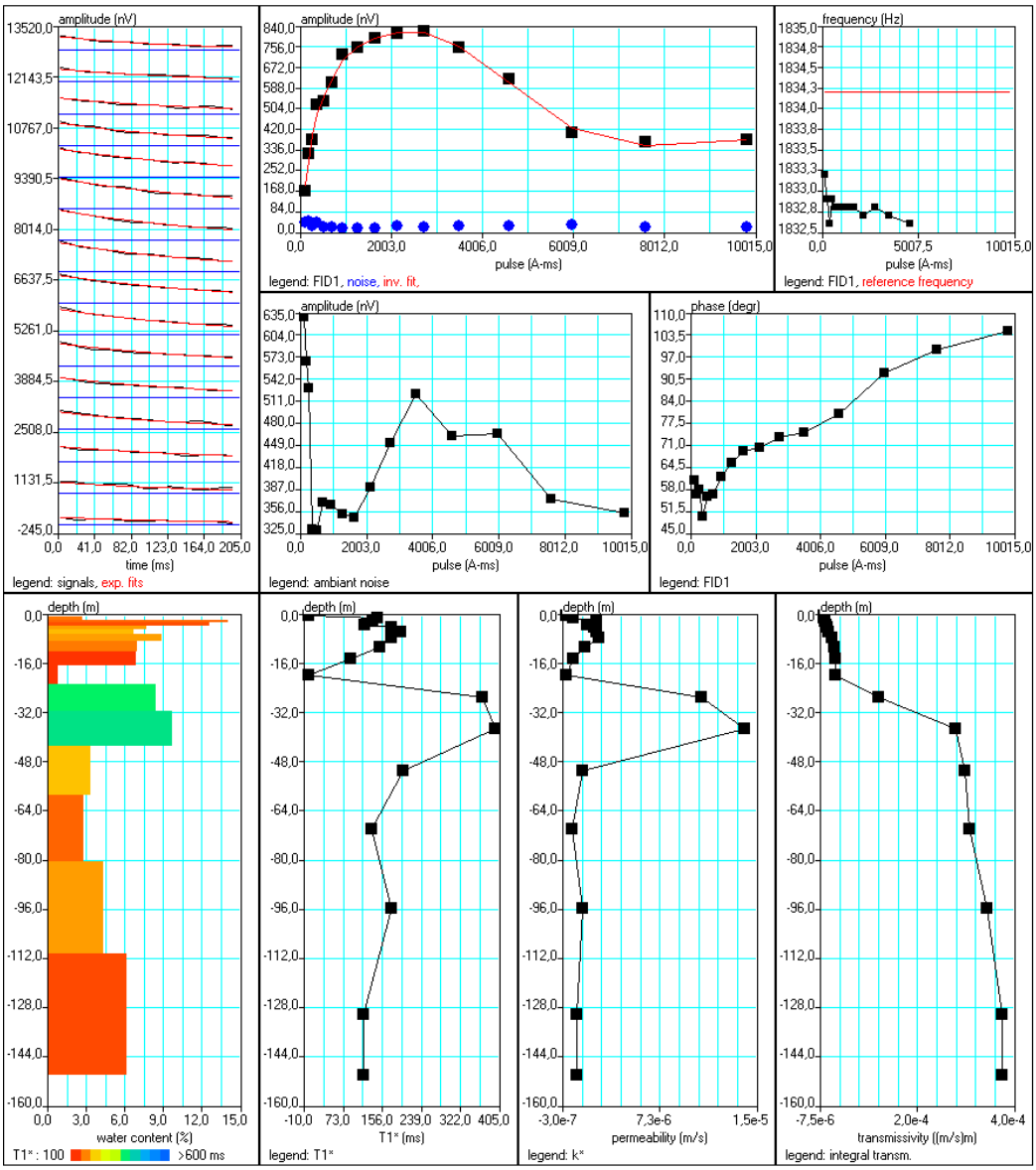
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	21.89
Fitting error :	0.81%
Parameter of regularization :	250.8
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

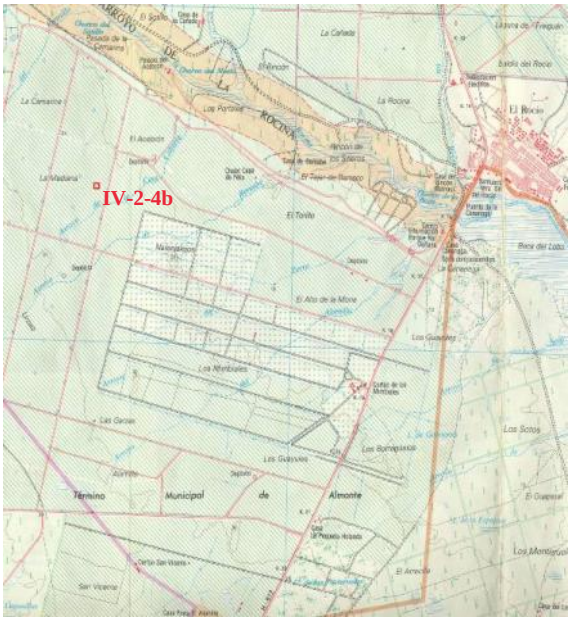
Identificación

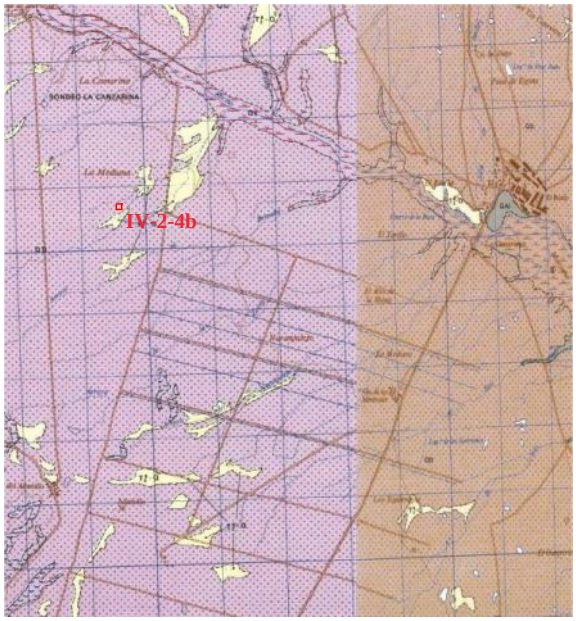
Nombre: IV-2-4b
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716840
Y (UTM H29 ED 50)	4112436
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43059
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	48
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	867
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	20-10-2005		

Observaciones

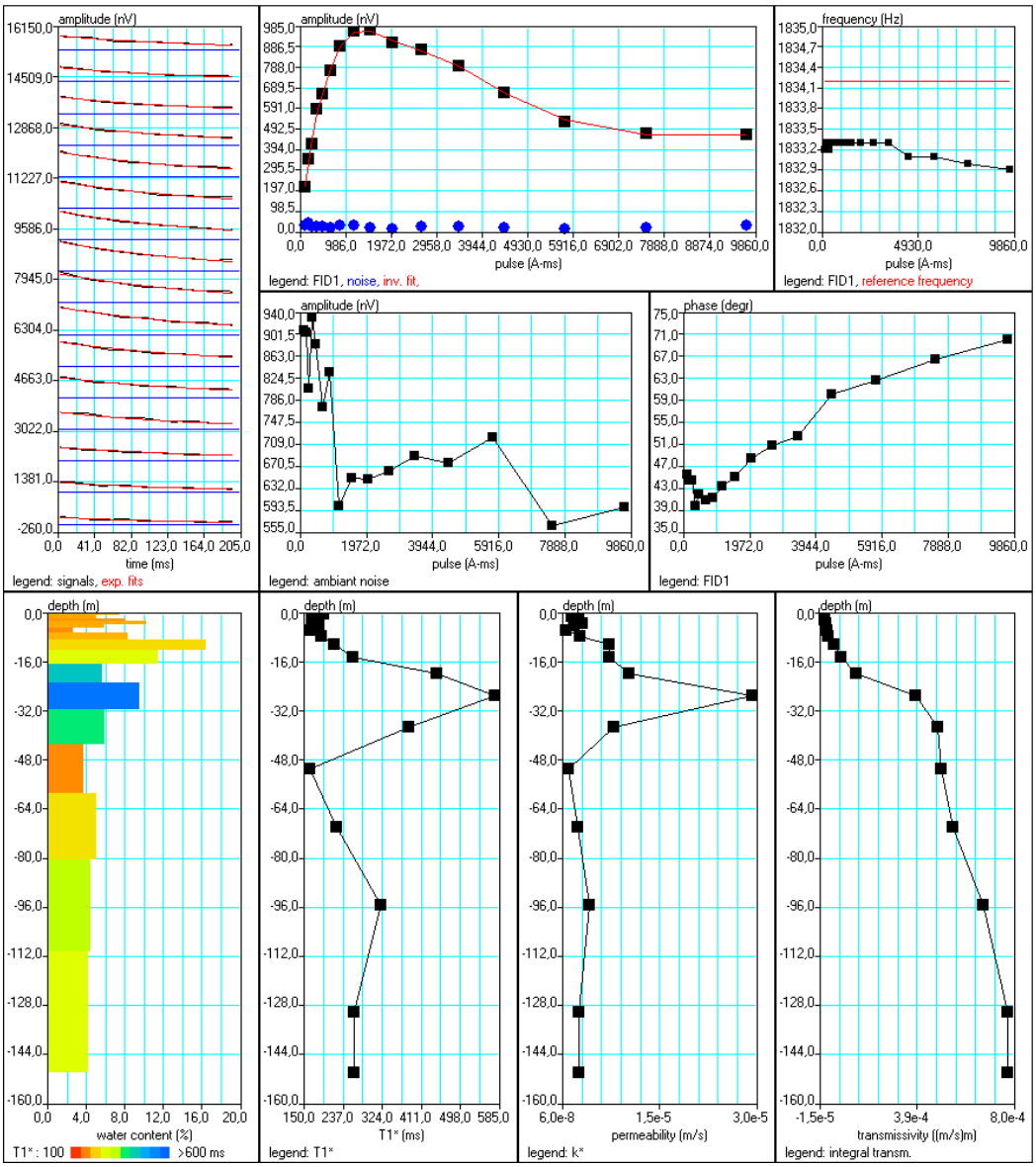
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	27.03
Fitting error :	0.42 %
Parameter of regularization :	177.4
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

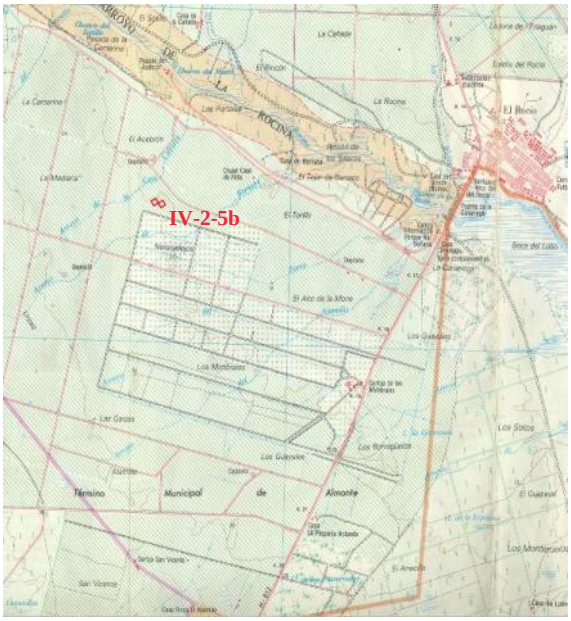
Identificación

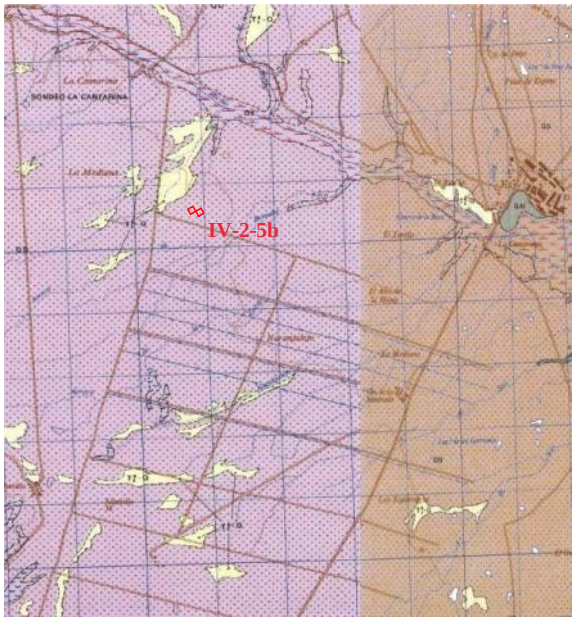
Nombre: SRM IV-5-2b
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	717878
Y (UTM H29 ED 50)	4112186
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43041
Antena:	Ocho cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	75	**Stacking:**	60
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	6160
Frecuencia (Hz):	1833	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	25-10-2005		

Observaciones

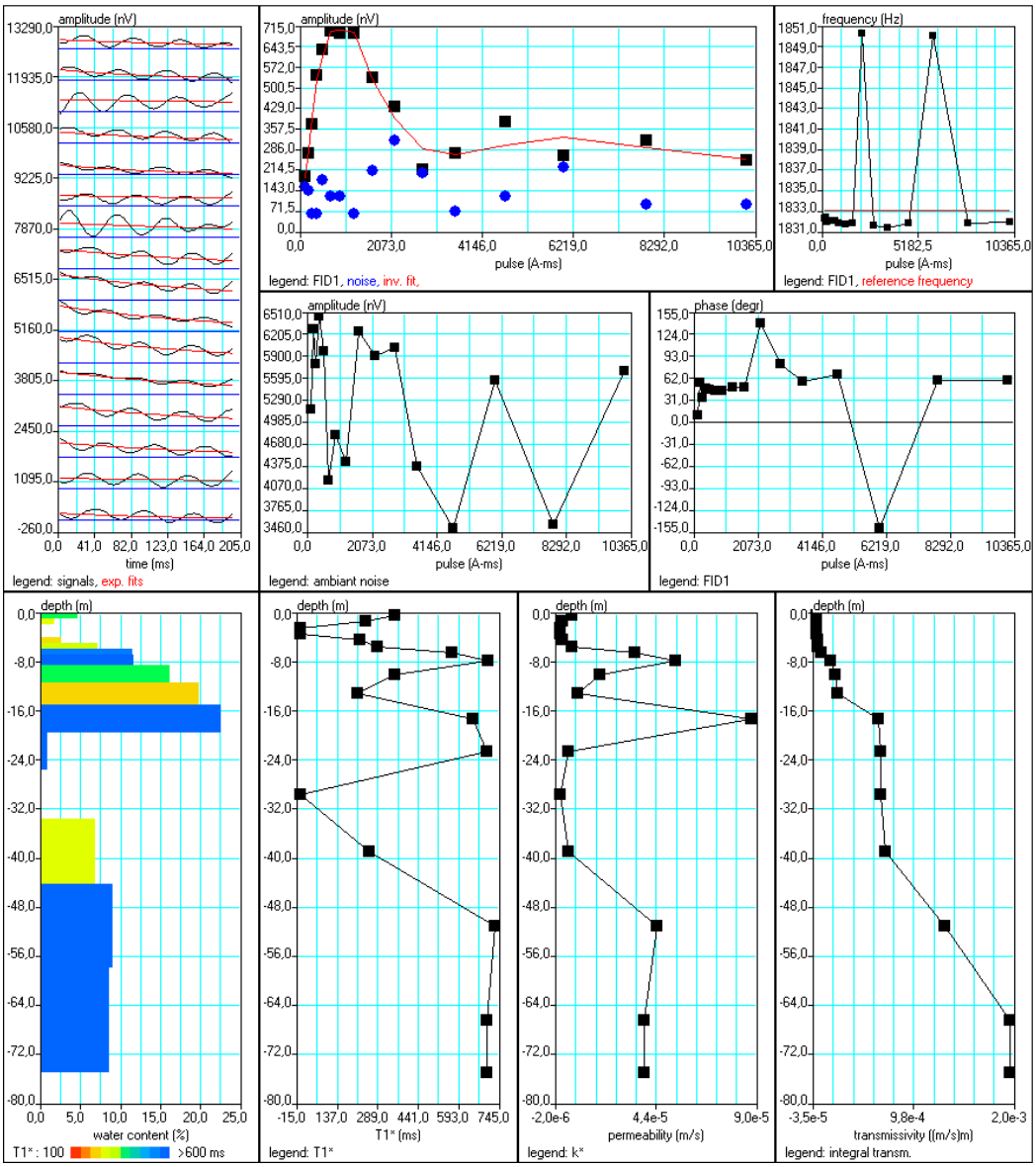
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	75oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-75m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.6
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	2.99
Fitting error :	2.1%
Parameter of regularization :	270.6
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

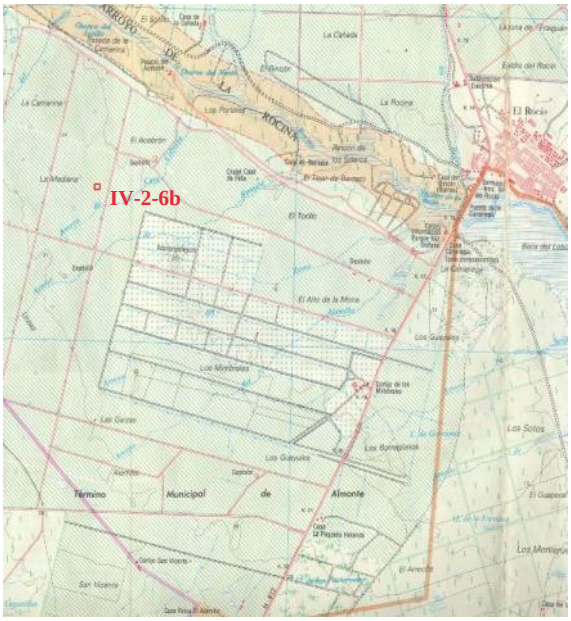
Identificación

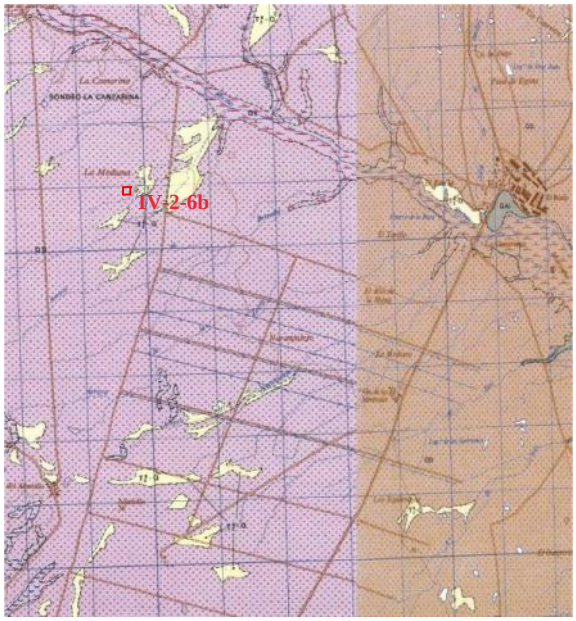
Nombre: IV-2-6b
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716729
Y (UTM H29 ED 50)	4112078
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43048
Antena:	Ocho	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	75	**Stacking:**	36
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	475
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	20-10-2005		

Observaciones

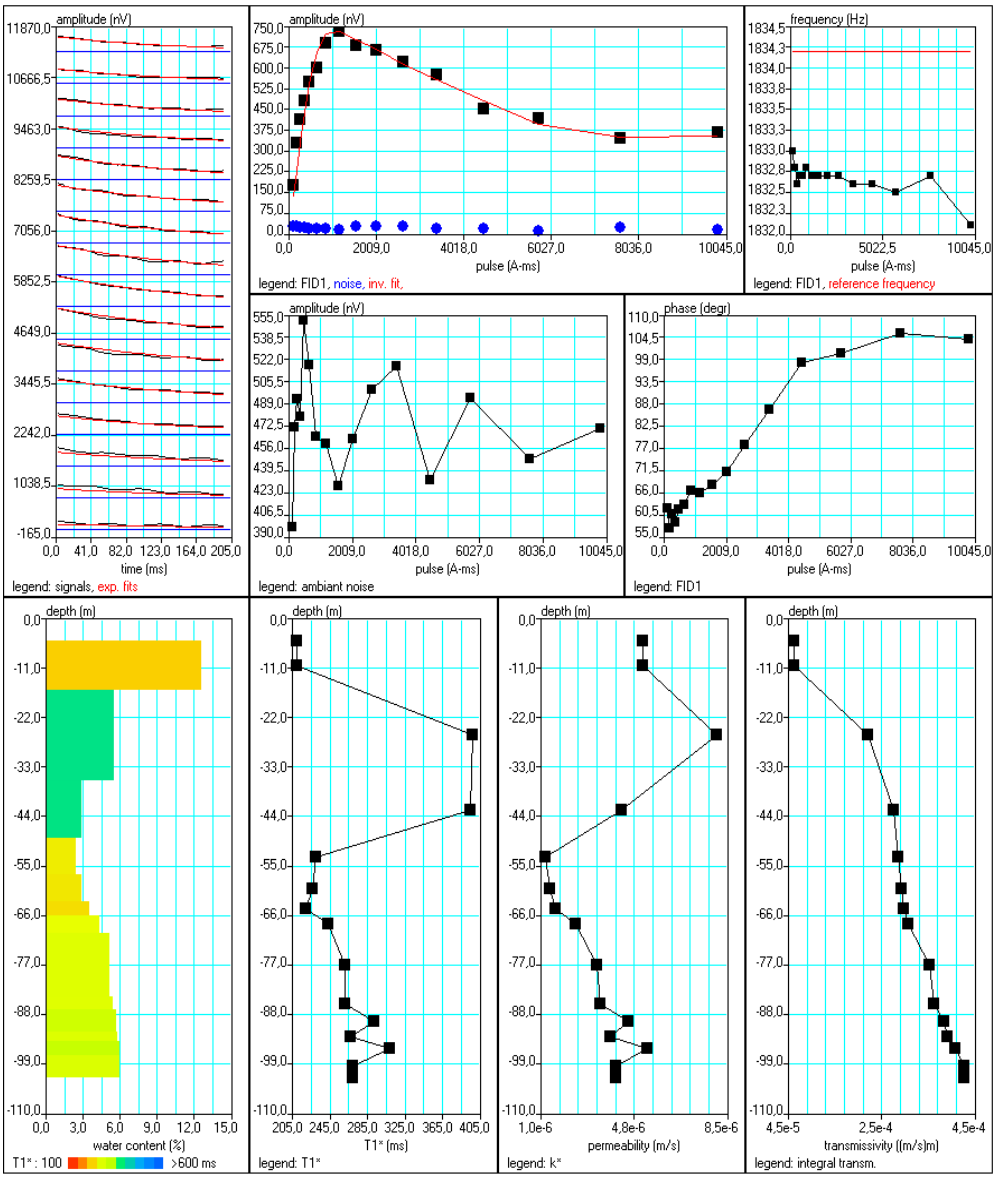
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	23.18
Fitting error :	2.03 %
Parameter of regularization :	10223.4
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

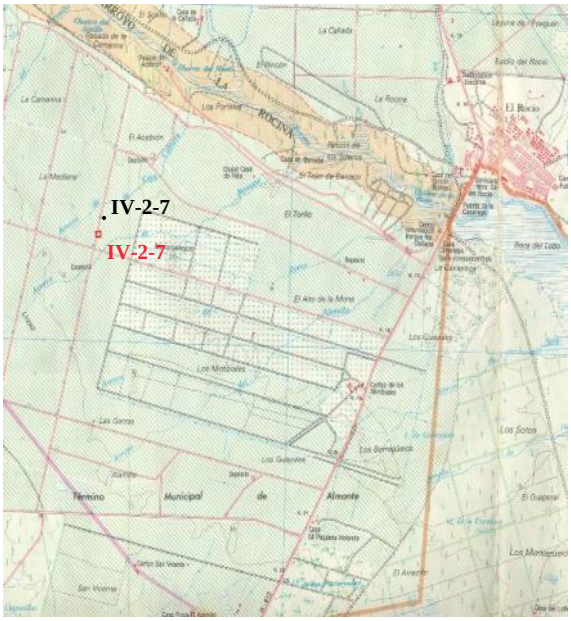
Identificación

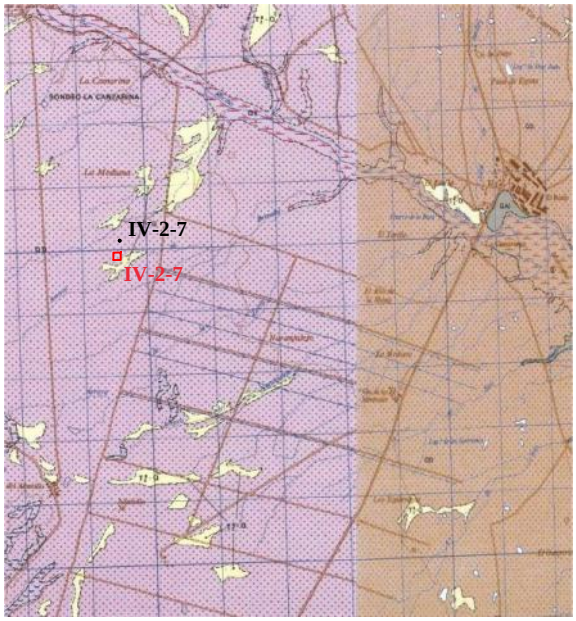
Nombre: IV-2-7
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716876
Y (UTM H29 ED 50)	4111701
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43019
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	36
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	354
Frecuencia (Hz):	1833	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	20-10-2005		

Observaciones

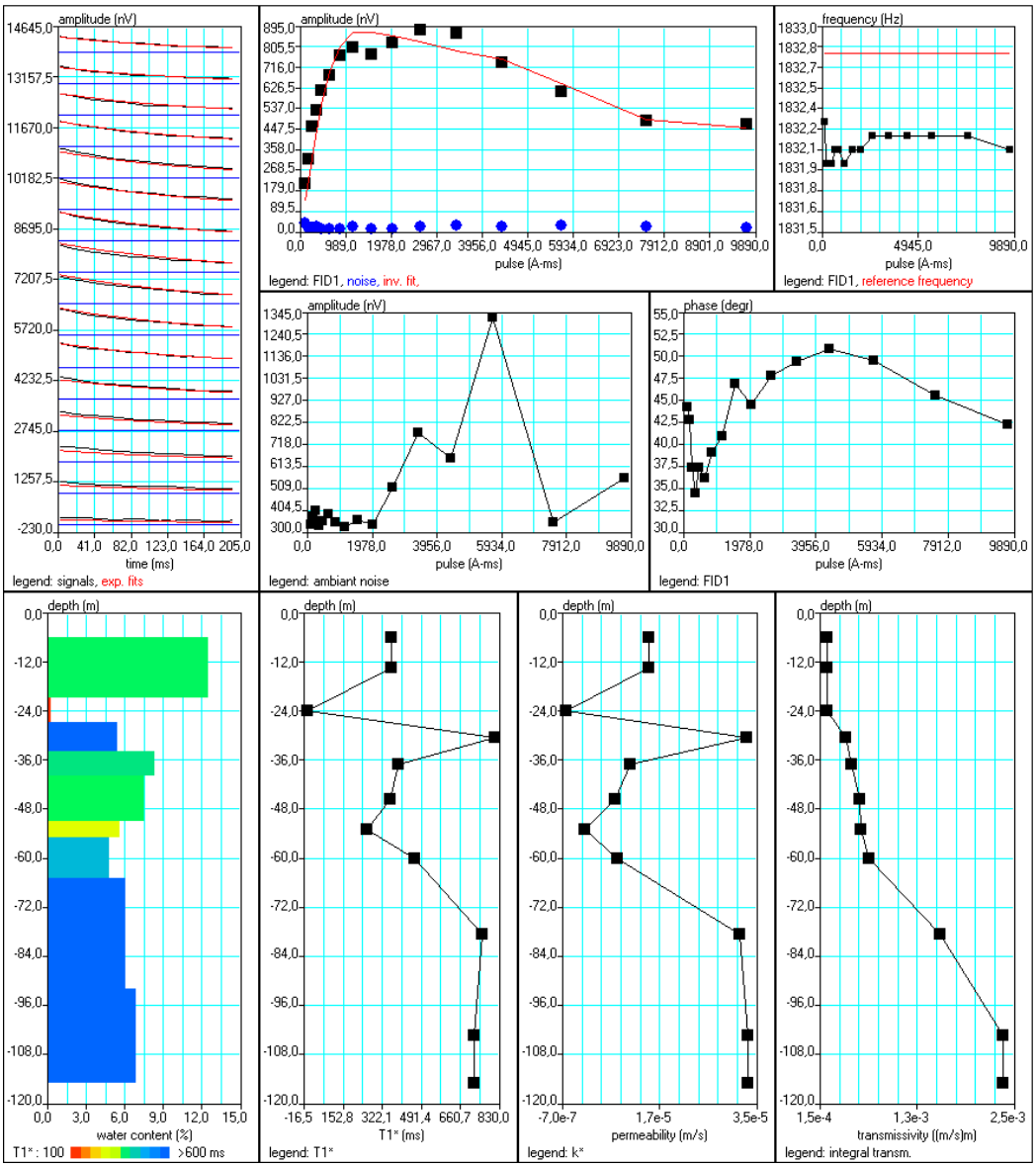
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.6
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	30.37
Fitting error :	2.63 %
Parameter of regularization :	3799.4
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

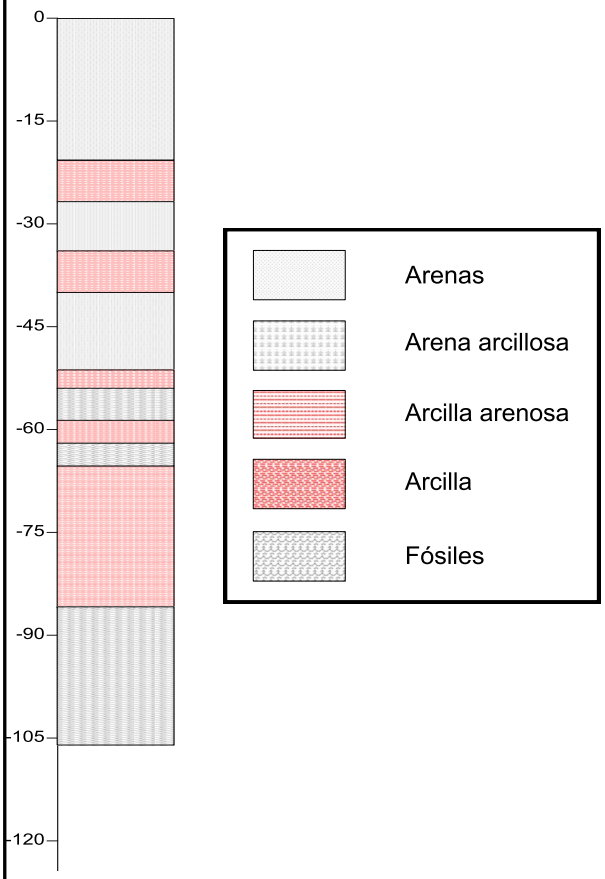
Sondeo IV-2-7

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	716952
Y (UTM H29 ED 50)	4111964
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	106
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	8.8e-04
Nivel piezométrico (m)	



Observaciones

Banco de Datos de SRM

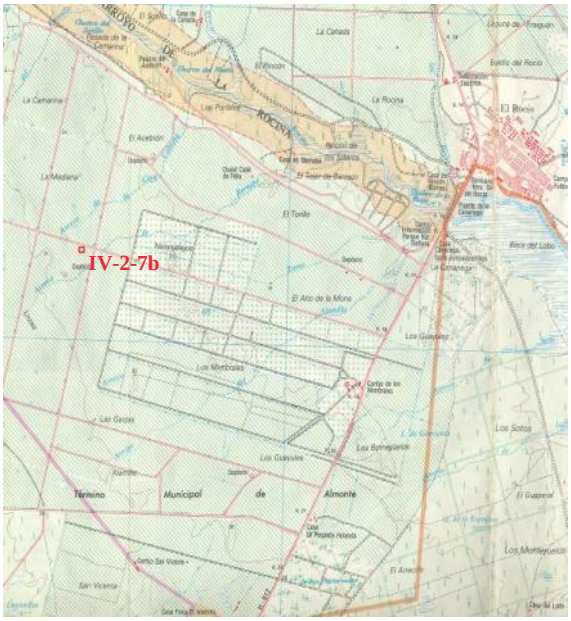
Identificación

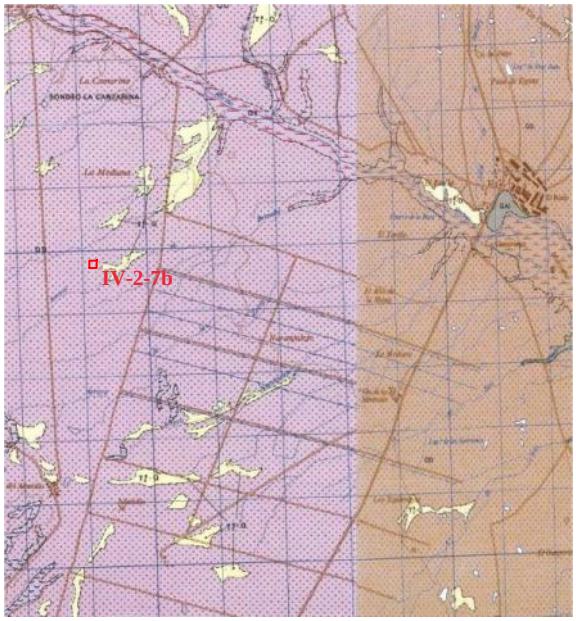
Nombre: IV-2-7b
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716596
Y (UTM H29 ED 50)	4111458
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43052
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	320
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	20-10-2005		

Observaciones

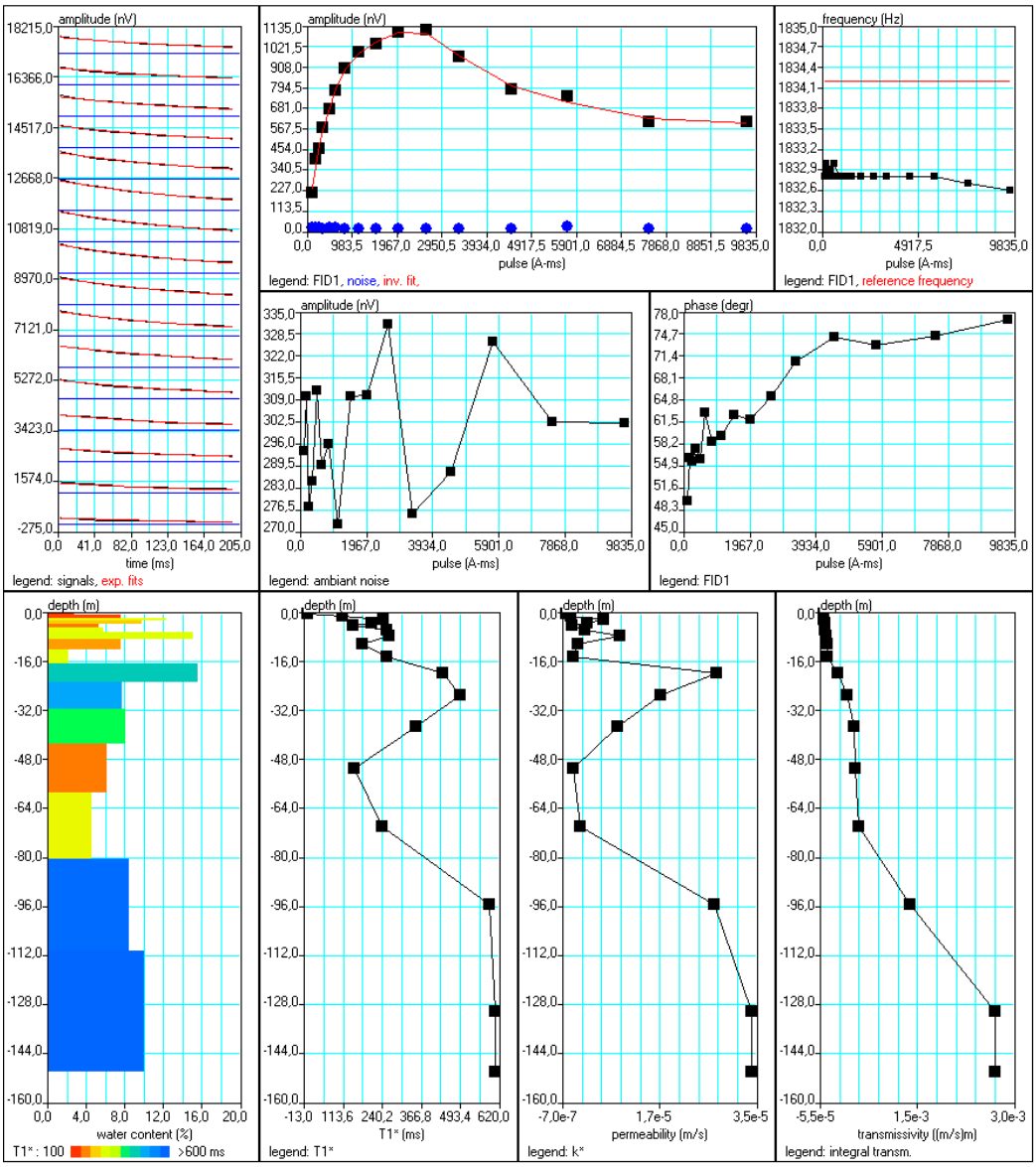
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	40.49
Fitting error :	0.58 %
Parameter of regularization :	152.6
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

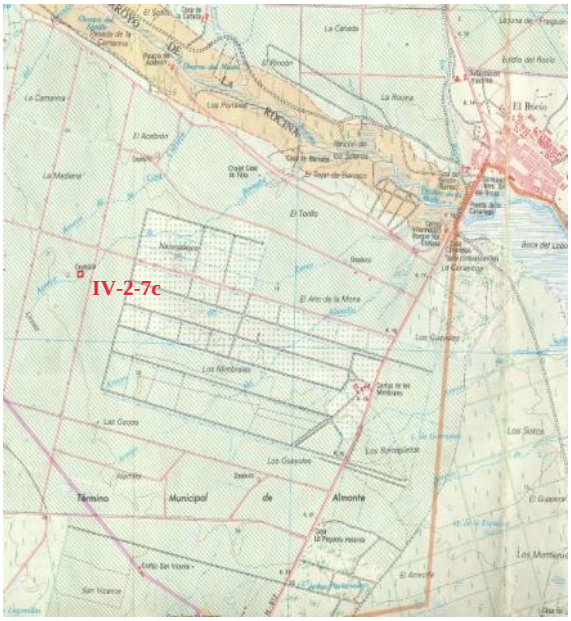
Identificación

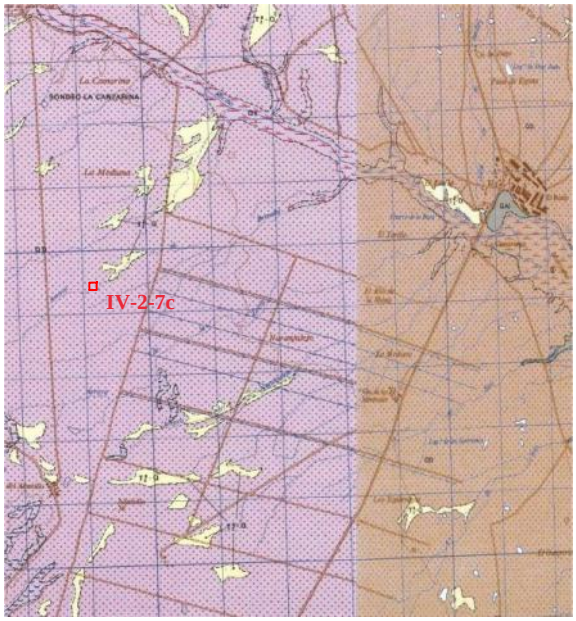
Nombre: IV-2-7c
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716513
Y (UTM H29 ED 50)	4111101
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43052
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	320
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	21-10-2005		

Observaciones

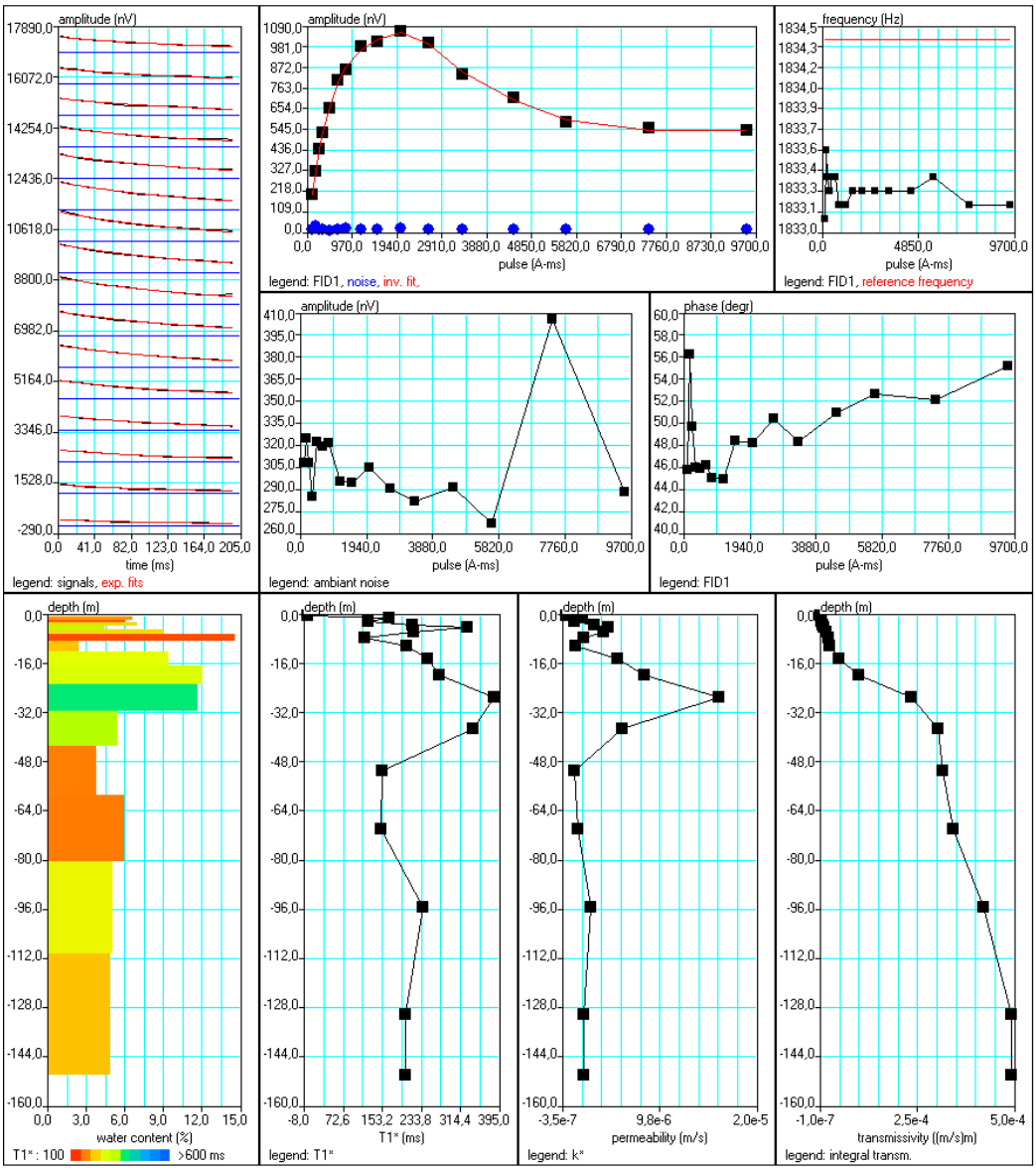
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.4
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	39.47
Fitting error :	0.37 %
Parameter of regularization :	90.6
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

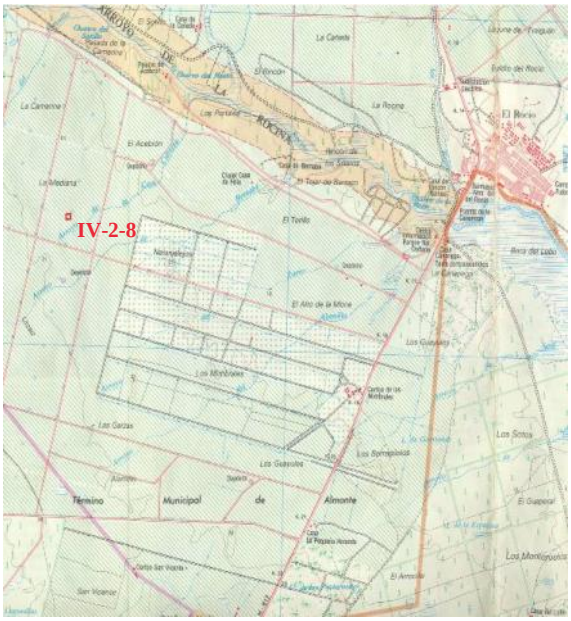
Identificación

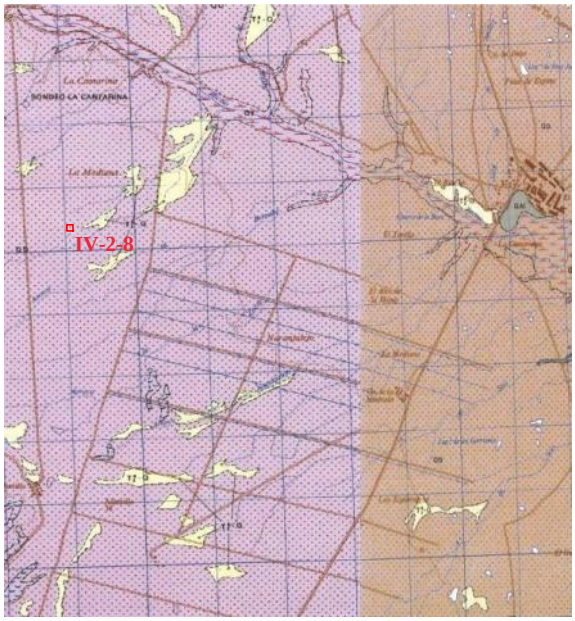
Nombre: SRM IV-2-8
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716399
Y (UTM H29 ED 50)	4112048
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43050
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	16
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	313
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	28-10-2005		

Observaciones

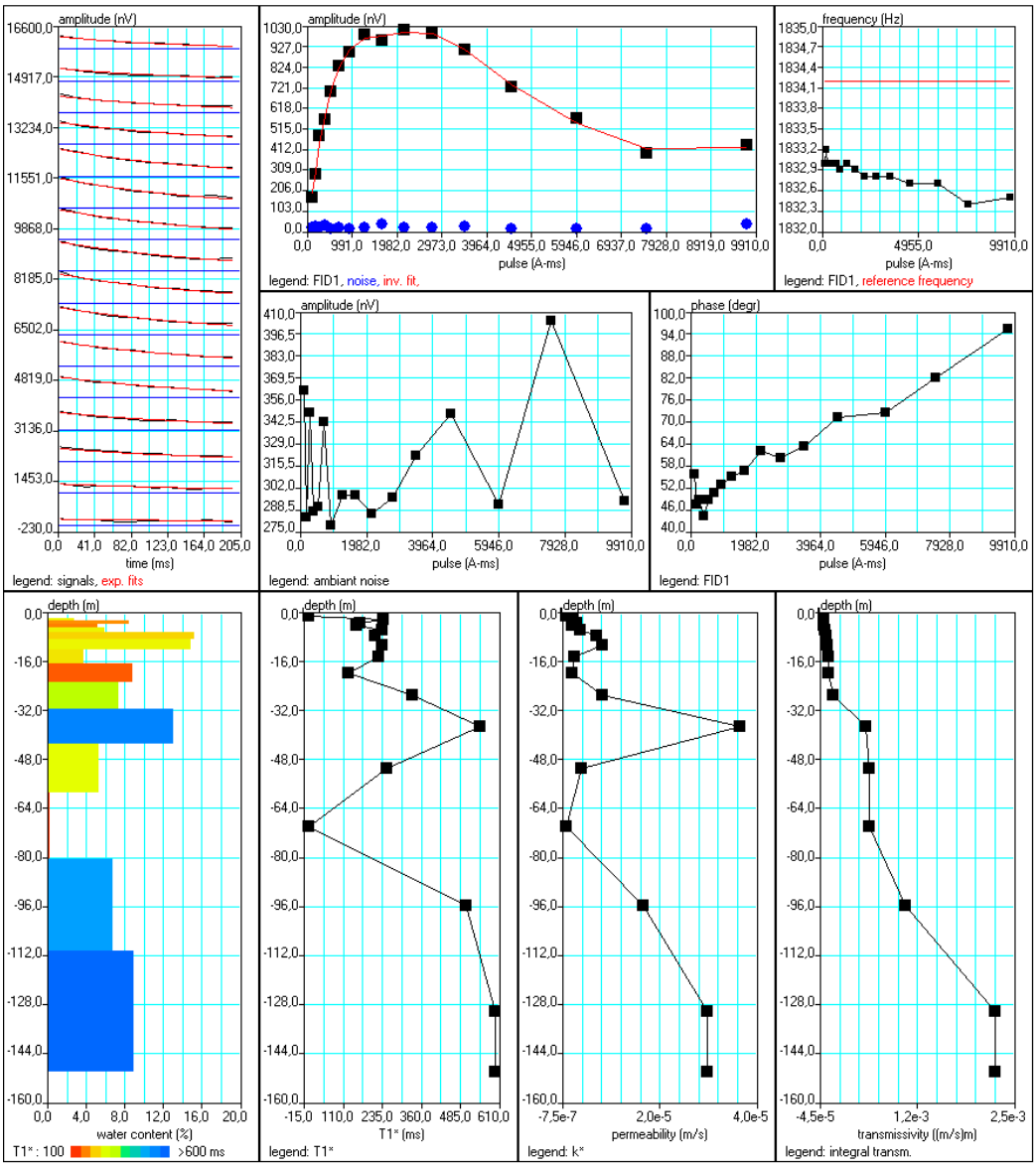
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	30.88
Fitting error :	0.68%
Parameter of regularization :	140.2
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

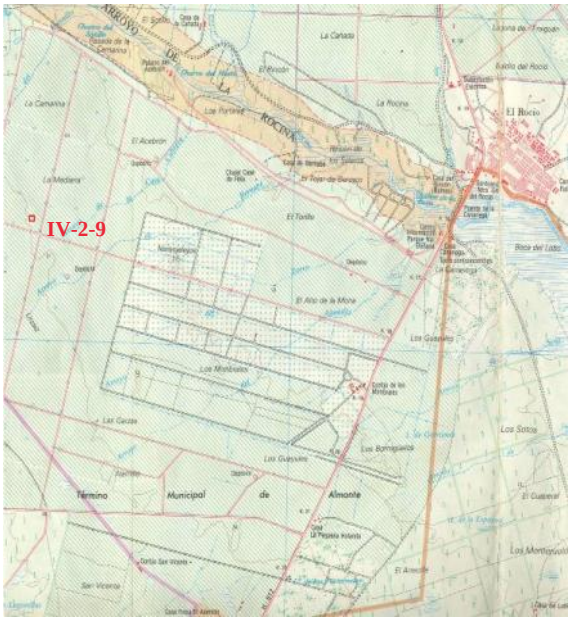
Identificación

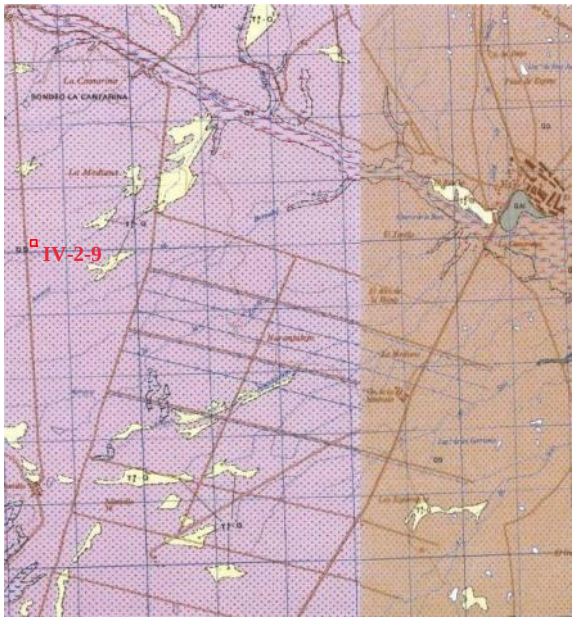
Nombre: SRM IV-2-9
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	715719
Y (UTM H29 ED 50)	4111967
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43019
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	255
Frecuencia (Hz):	1833	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	27-10-2005		

Observaciones

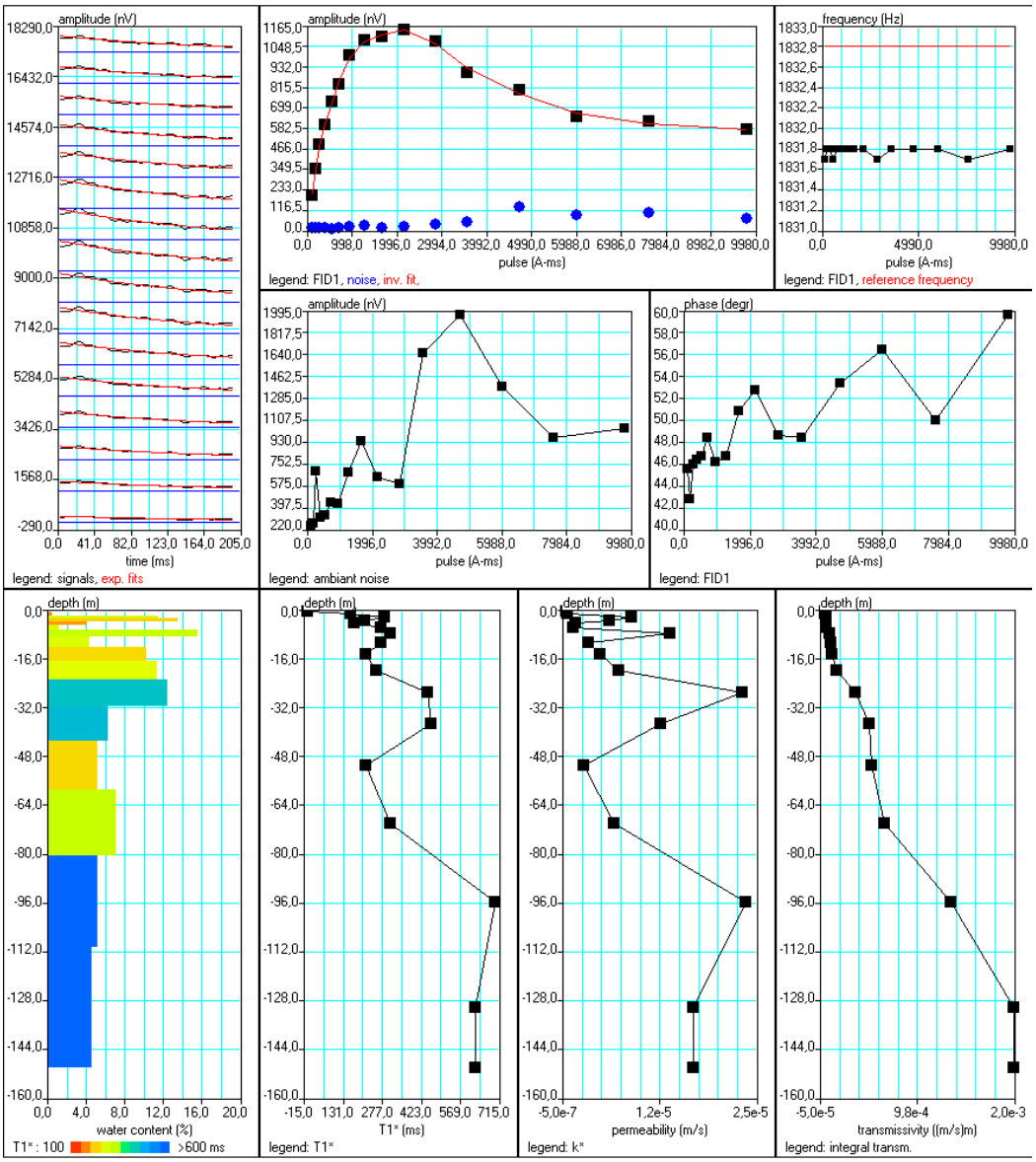
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.6
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	18.3
Fitting error :	0.4%
Parameter of regularization :	134.5
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

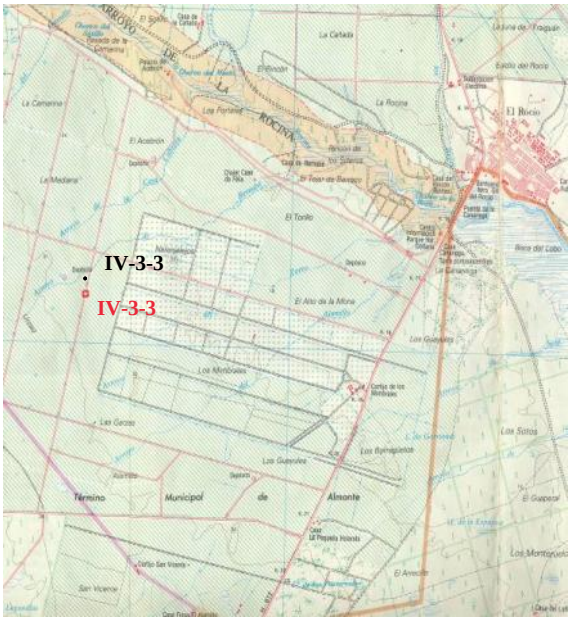
Identificación

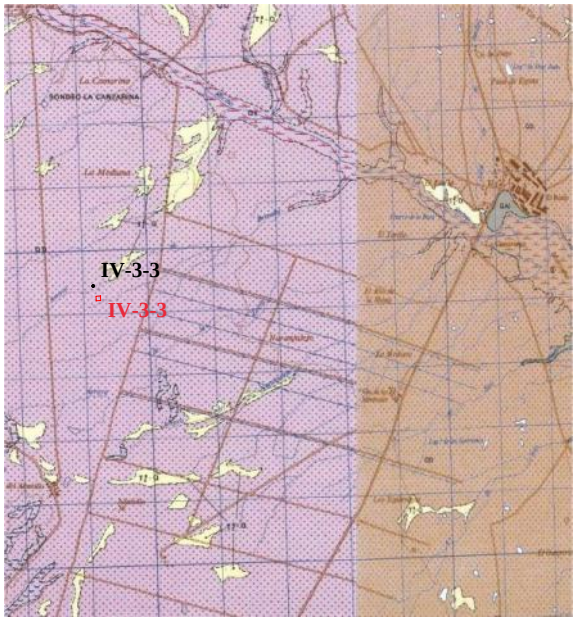
Nombre: IV-3-3
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716651
Y (UTM H29 ED 50)	4110849
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43053
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	347
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	21-10-2005		

Observaciones

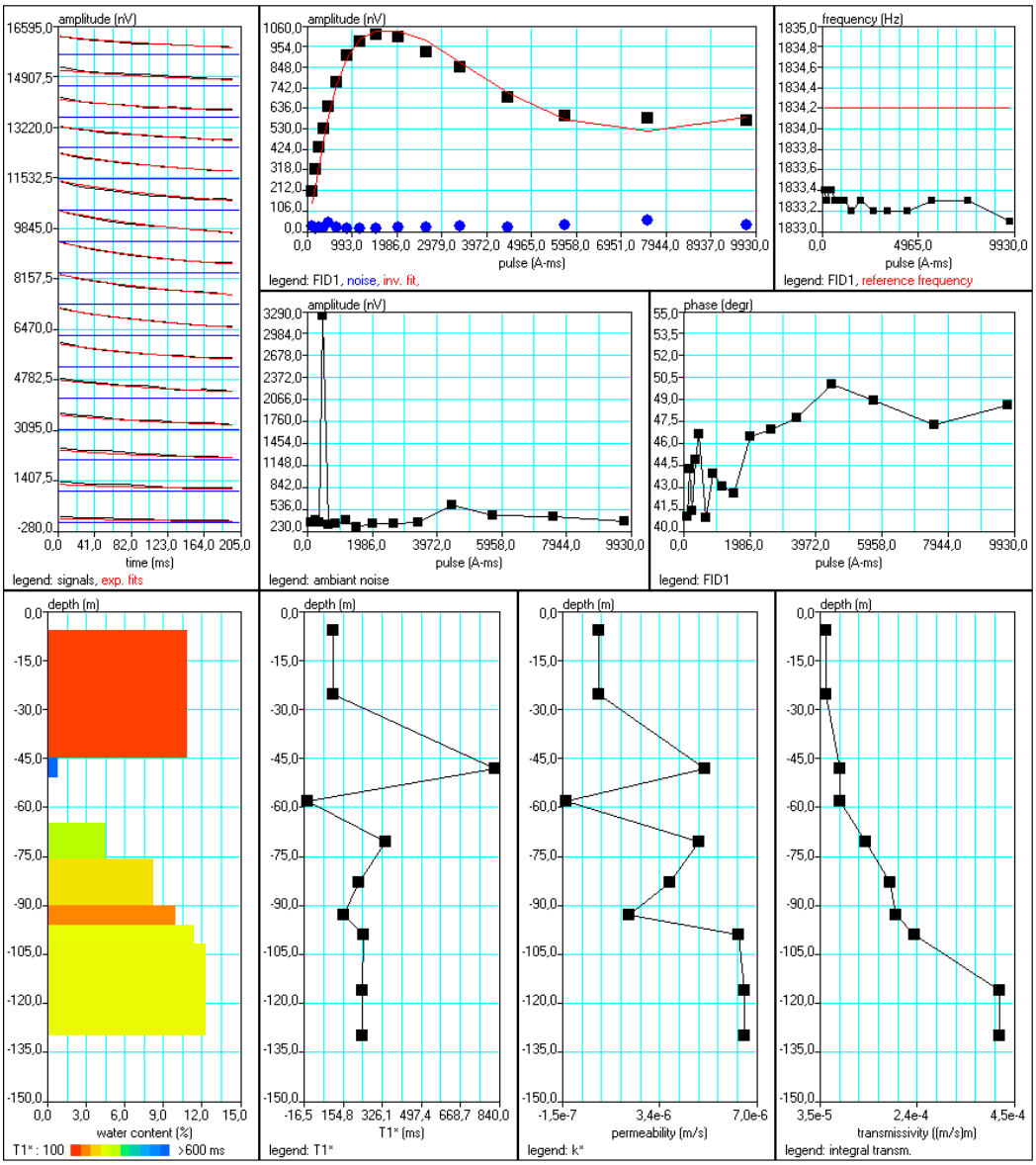
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	27.58
Fitting error :	1.72%
Parameter of regularization :	8895.9
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

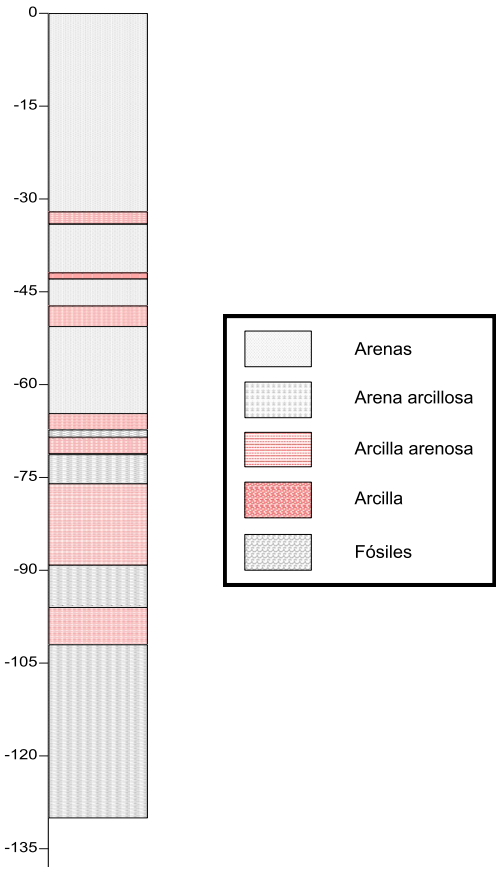
Sondeo IV-3-3

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	716648
Y (UTM H29 ED 50)	4110992
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	130
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	
Nivel piezométrico (m)	



Observaciones

Banco de Datos de SRM

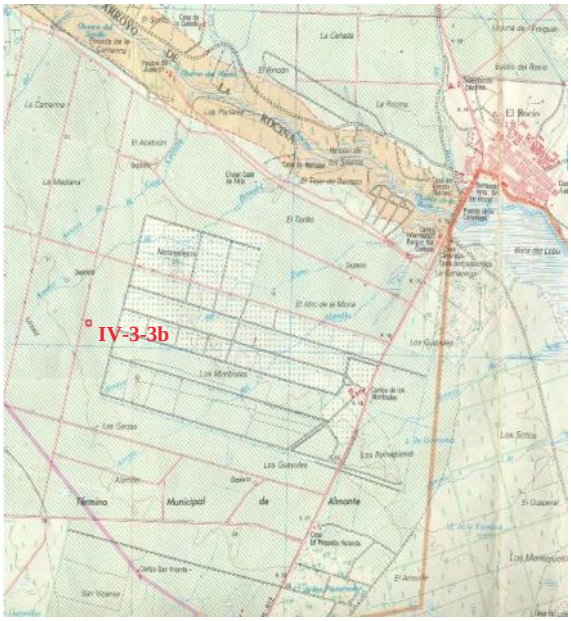
Identificación

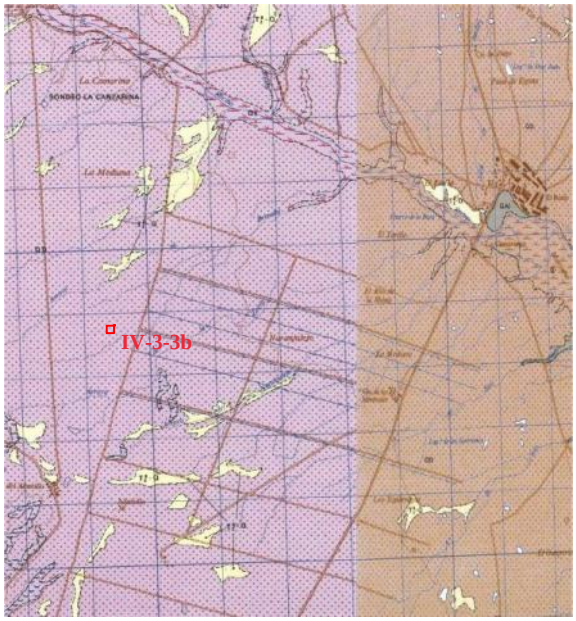
Nombre: IV-3-3b
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716664
Y (UTM H29 ED 50)	4110447
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43053
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	384
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	21-10-2005		

Observaciones

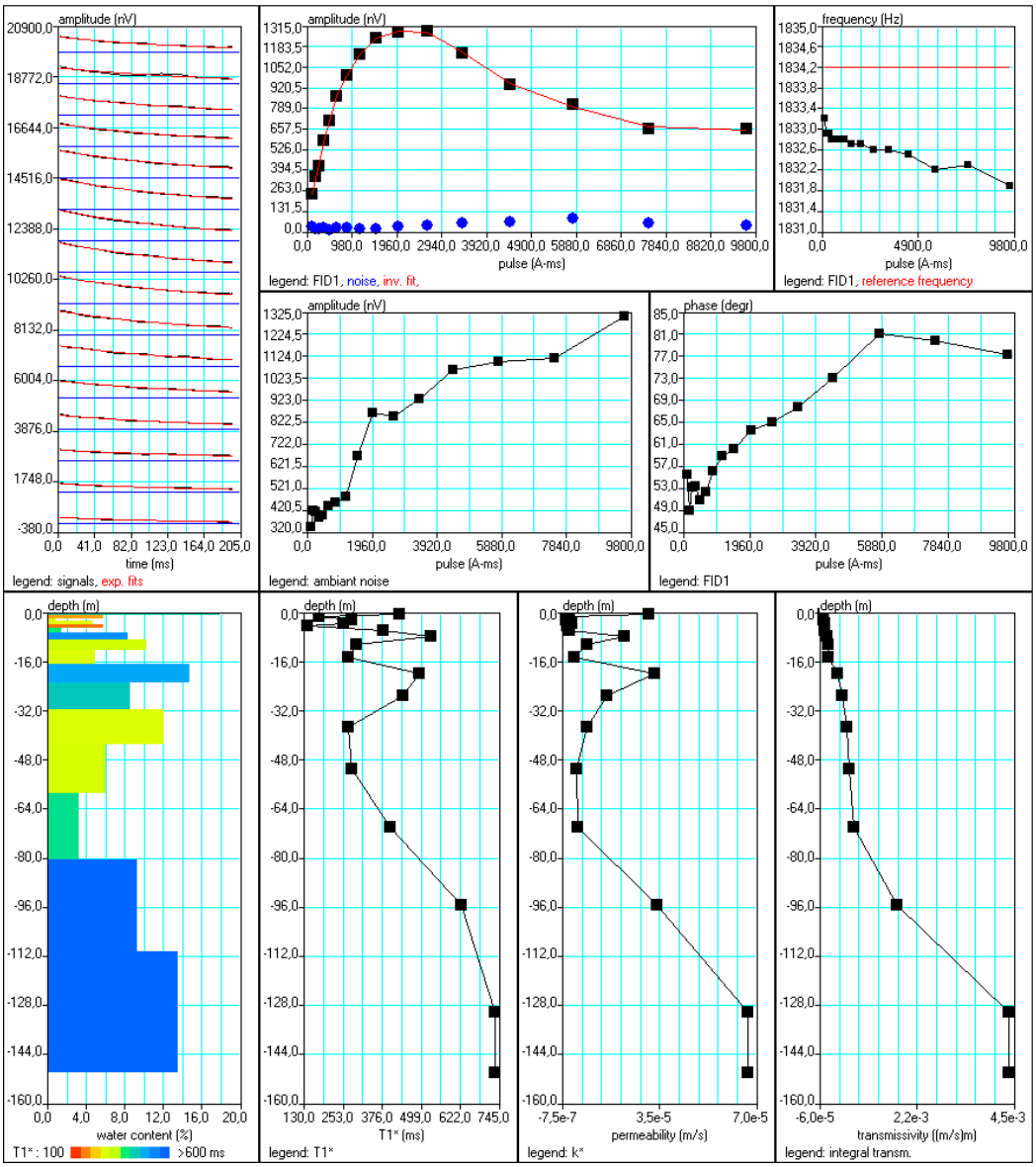
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	23.00
Fitting error :	0.23 %
Parameter of regularization :	73.4
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

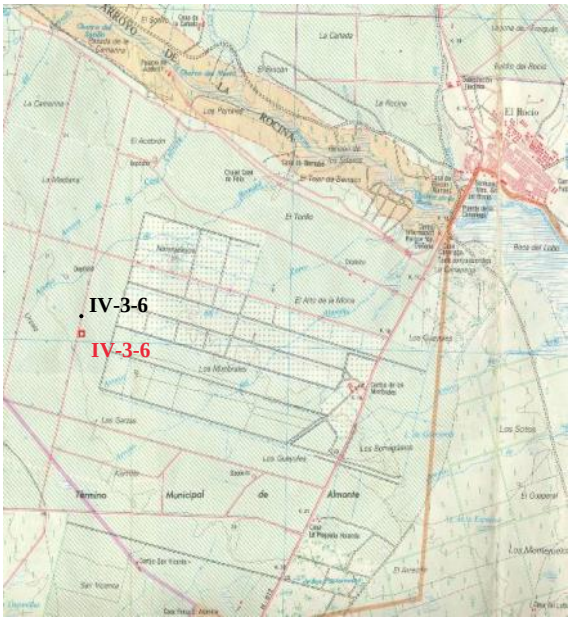
Identificación

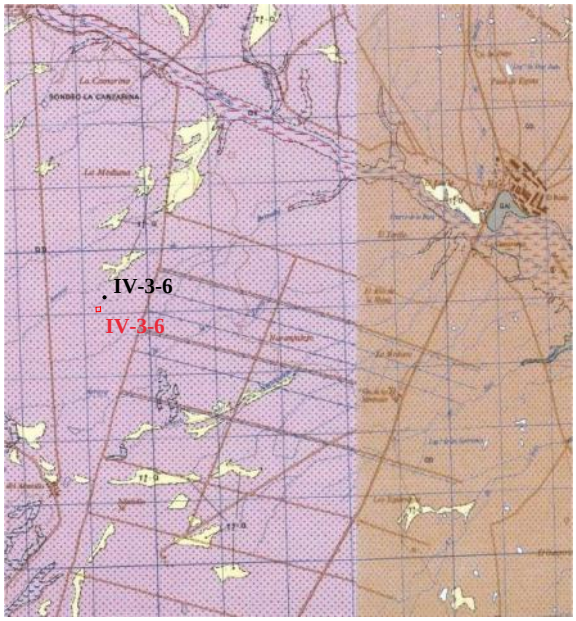
Nombre: IV-3-6
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716561
Y (UTM H29 ED 50)	4110205
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43044
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	509
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	21-10-2005		

Observaciones

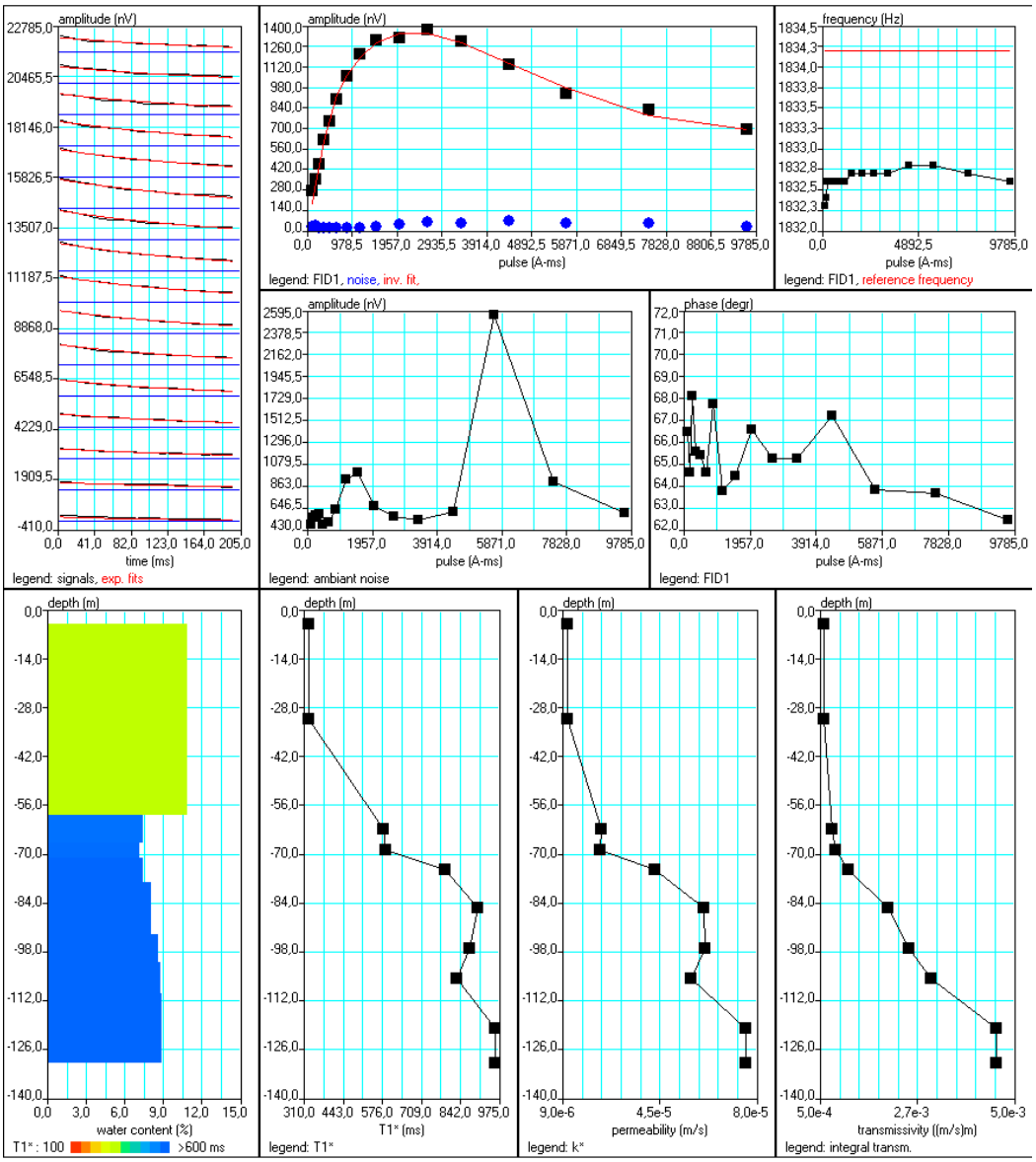
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	25.50
Fitting error :	0.84%
Parameter of regularization :	4638.7
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

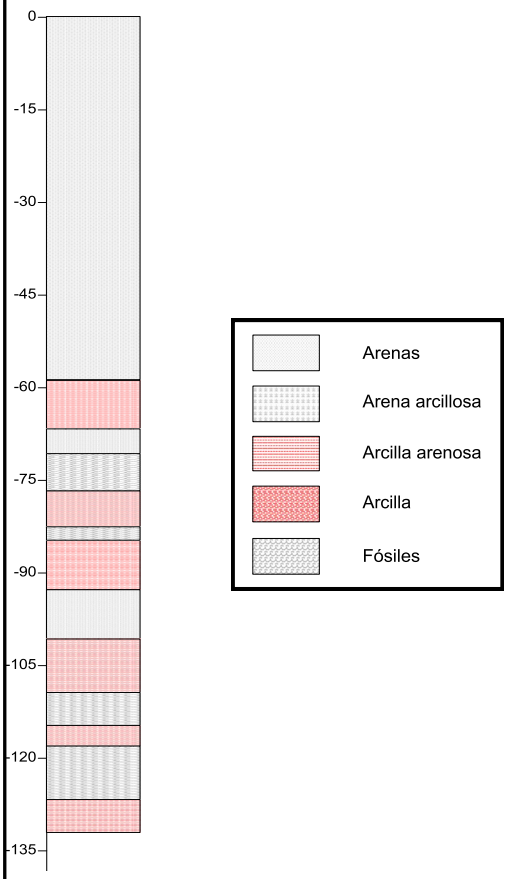
Sondeo IV-3-6

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	716601
Y (UTM H29 ED 50)	4110502
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	132
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	5.00e-03
Nivel piezométrico (m)	



Observaciones

Banco de Datos de SRM

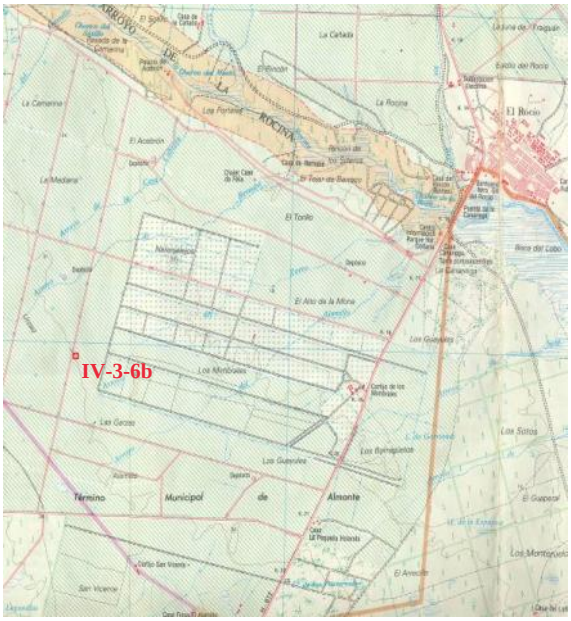
Identificación

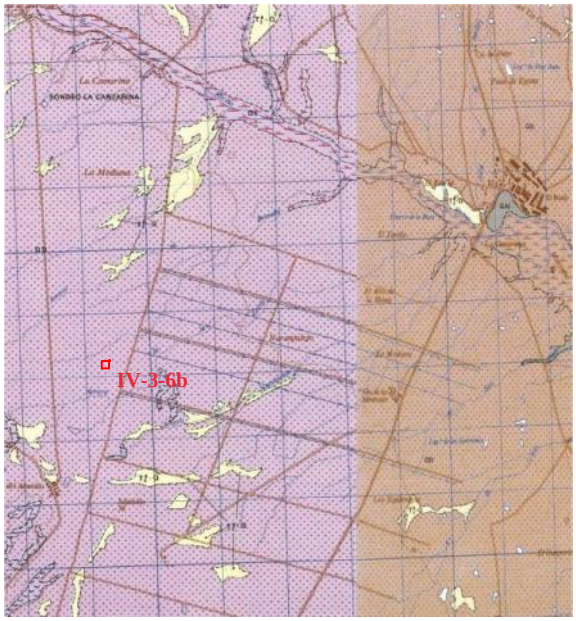
Nombre: IV-3-6b
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716489
Y (UTM H29 ED 50)	4109899
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43035
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	528
Frecuencia (Hz):	1833	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	21-10-2005		

Observaciones

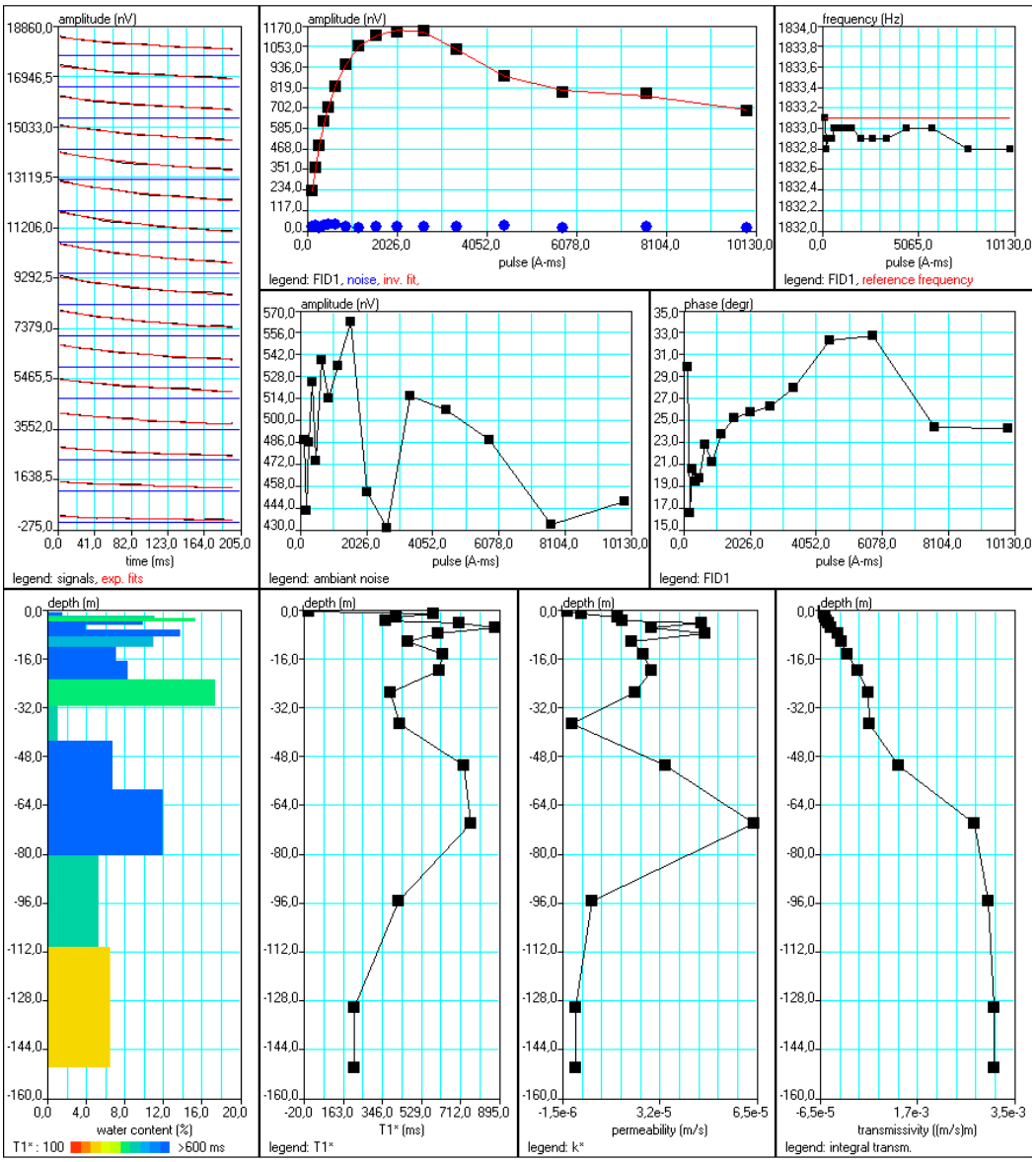
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	33.05
Fitting error :	0.23%
Parameter of regularization :	85.4
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

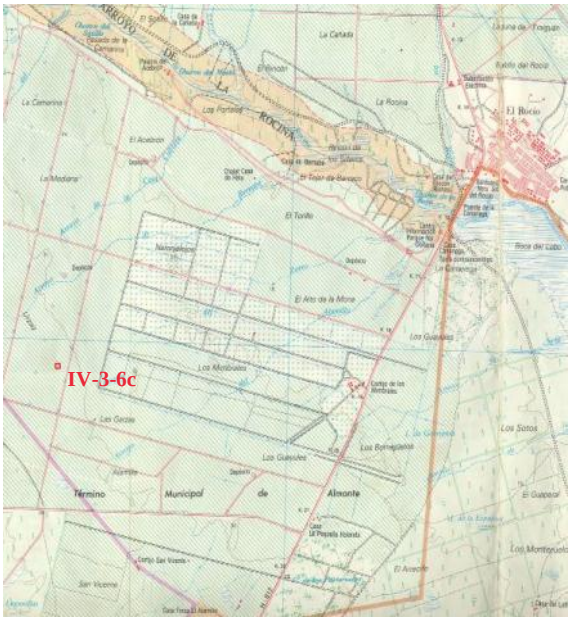
Identificación

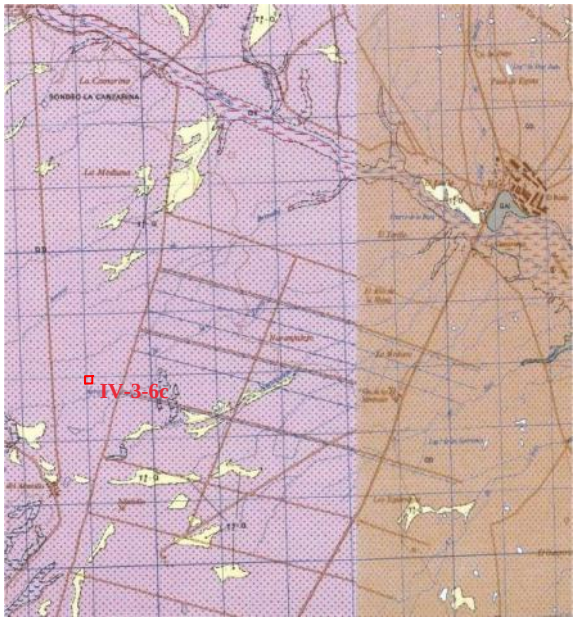
Nombre: IV-3-6c
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716196
Y (UTM H29 ED 50)	4109699
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43067
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	284
Frecuencia (Hz):	1835	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	24-10-2005		

Observaciones

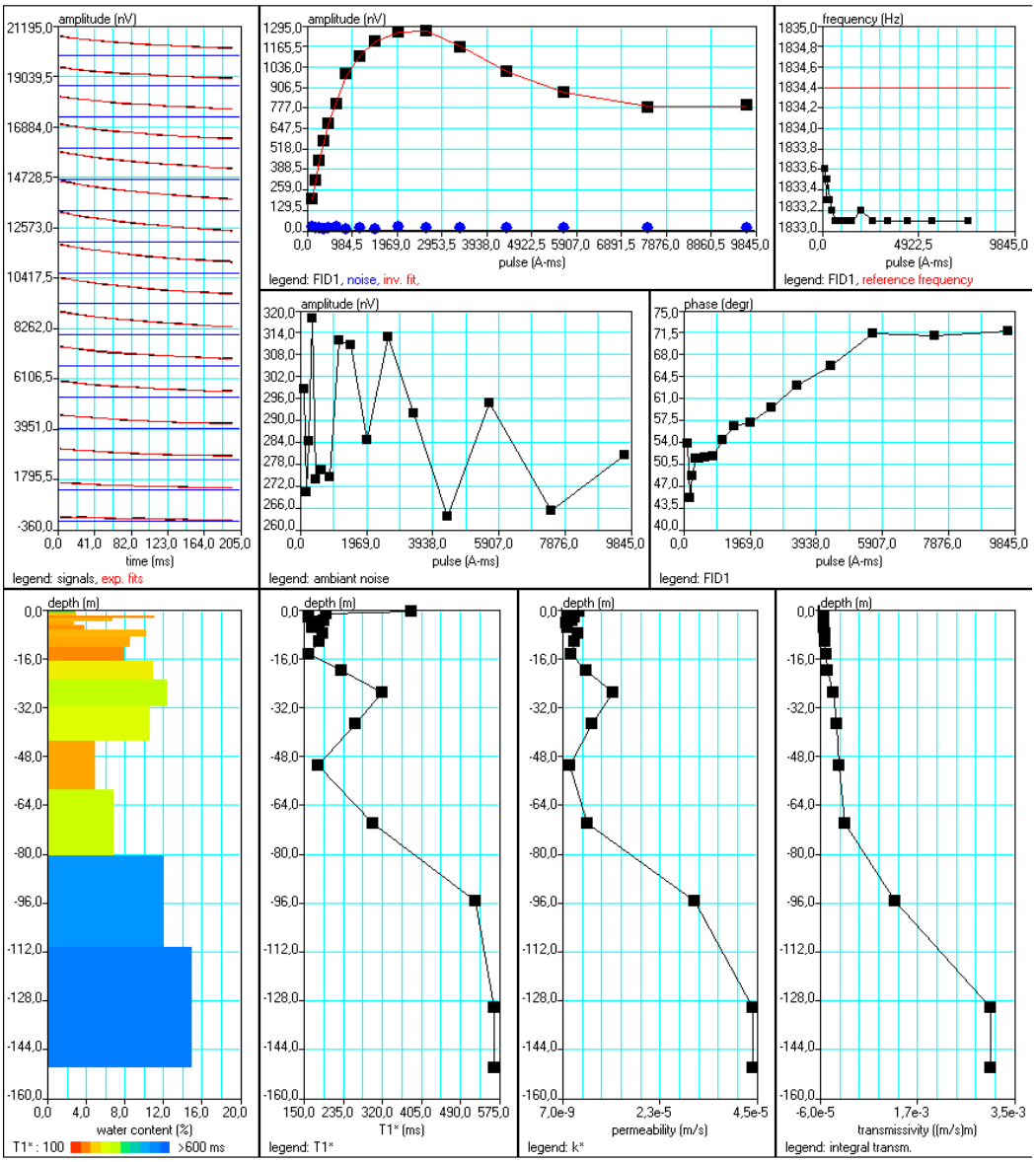
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V4.041
Filtering window (ms) :	198.4
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	46.61
Fitting error :	0.23%
Parameter of regularization :	137.3
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

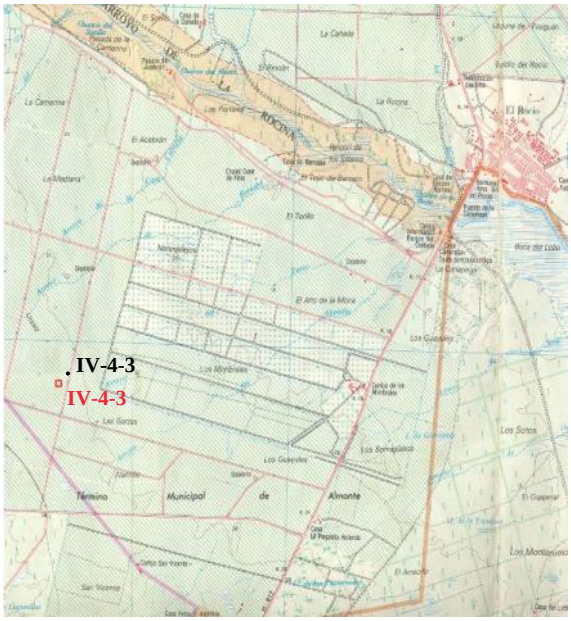
Identificación

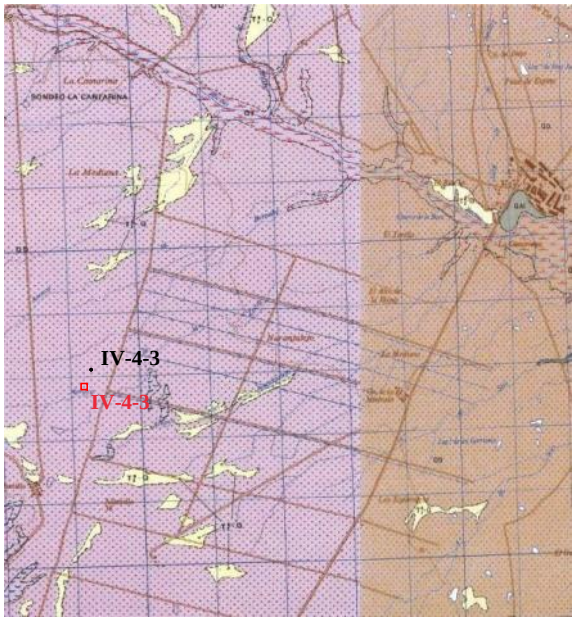
Nombre: SRM IV-4-3
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	716157
Y (UTM H29 ED 50)	4109456
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43052
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	436
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	24-10-2005		

Observaciones

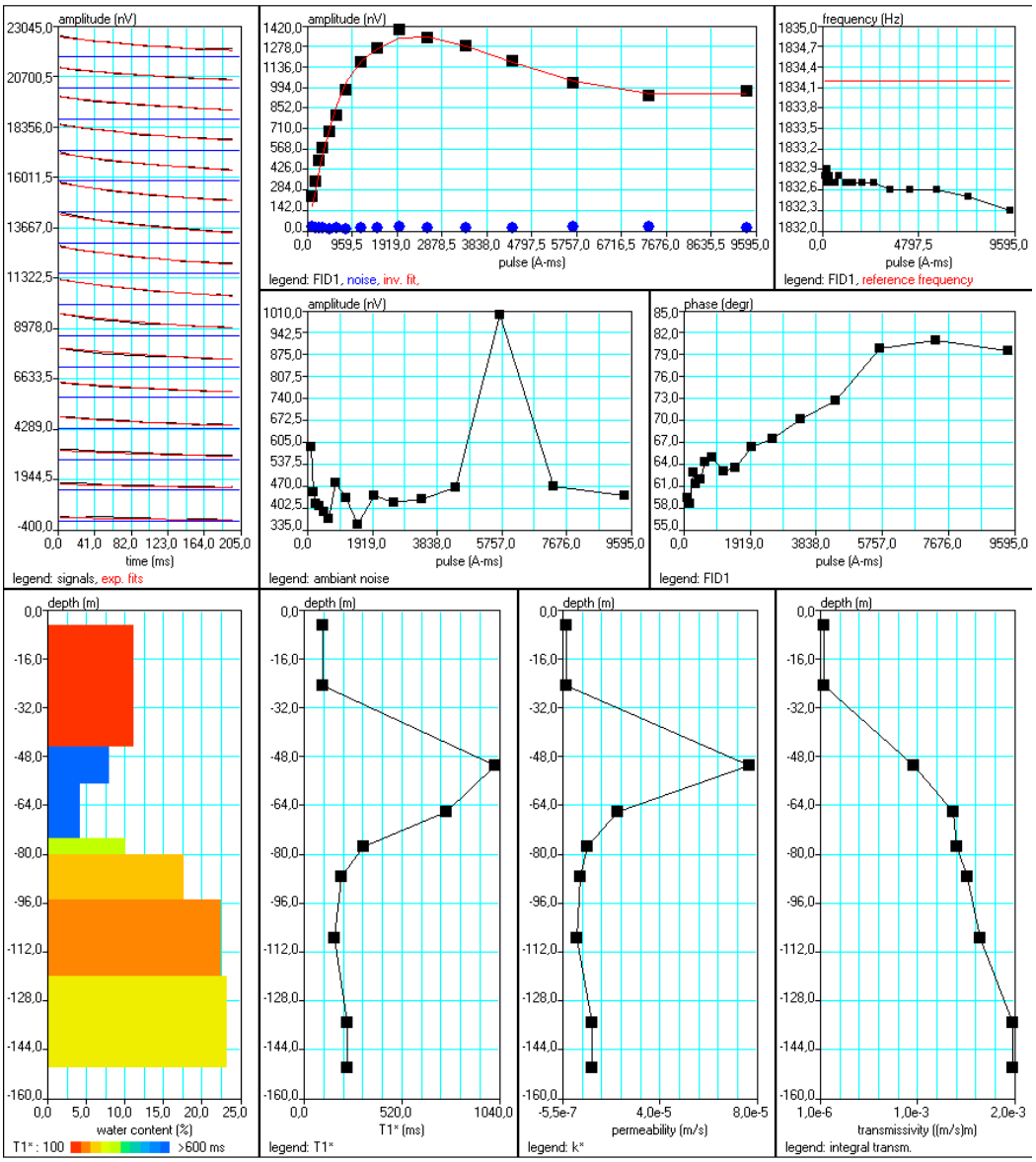
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	41.72
Fitting error :	1.1 %
Parameter of regularization :	892.6
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

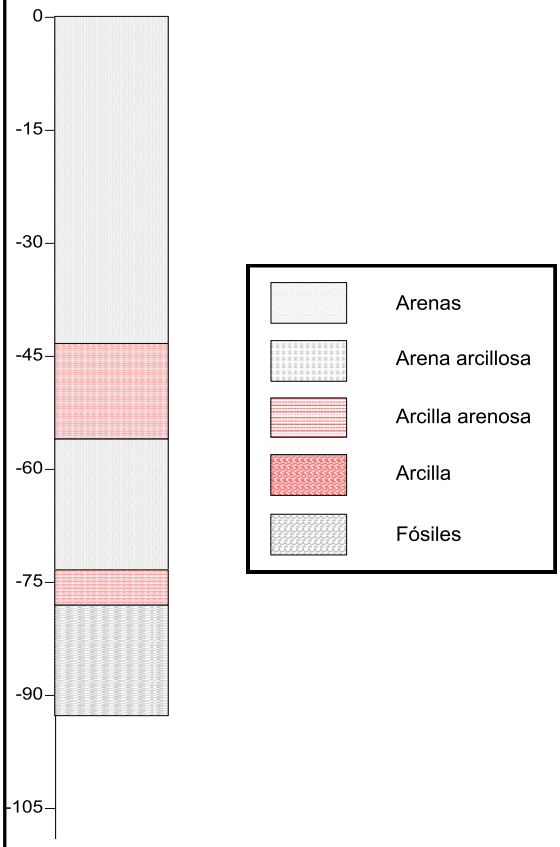
Sondeo IV-4-3

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	716296
Y (UTM H29 ED 50)	4109495
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	93
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	4.8e-03
Nivel piezométrico (m)	



Observaciones

Banco de Datos de SRM

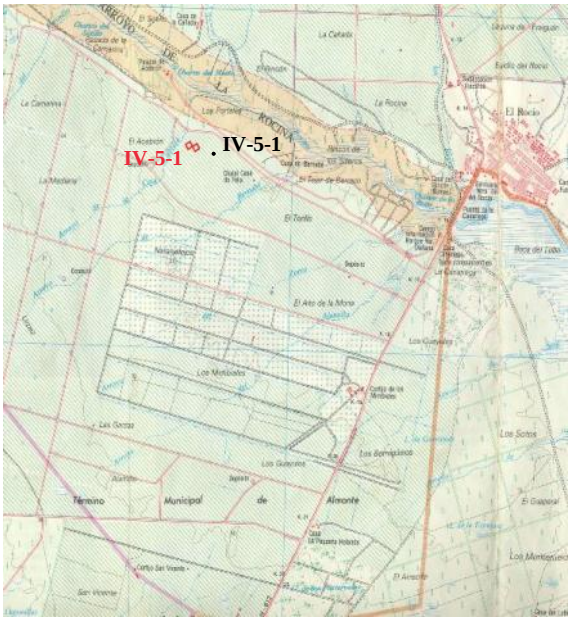
Identificación

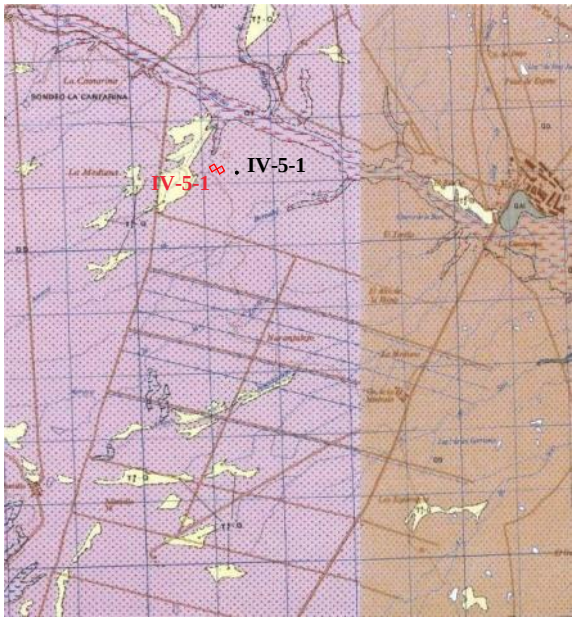
Nombre: SRM IV-5-1
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	718435
Y (UTM H29 ED 50)	4113078
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43043
Antena:	Ocho cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	75	**Stacking:**	48
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	4959
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	26-10-2005		

Observaciones

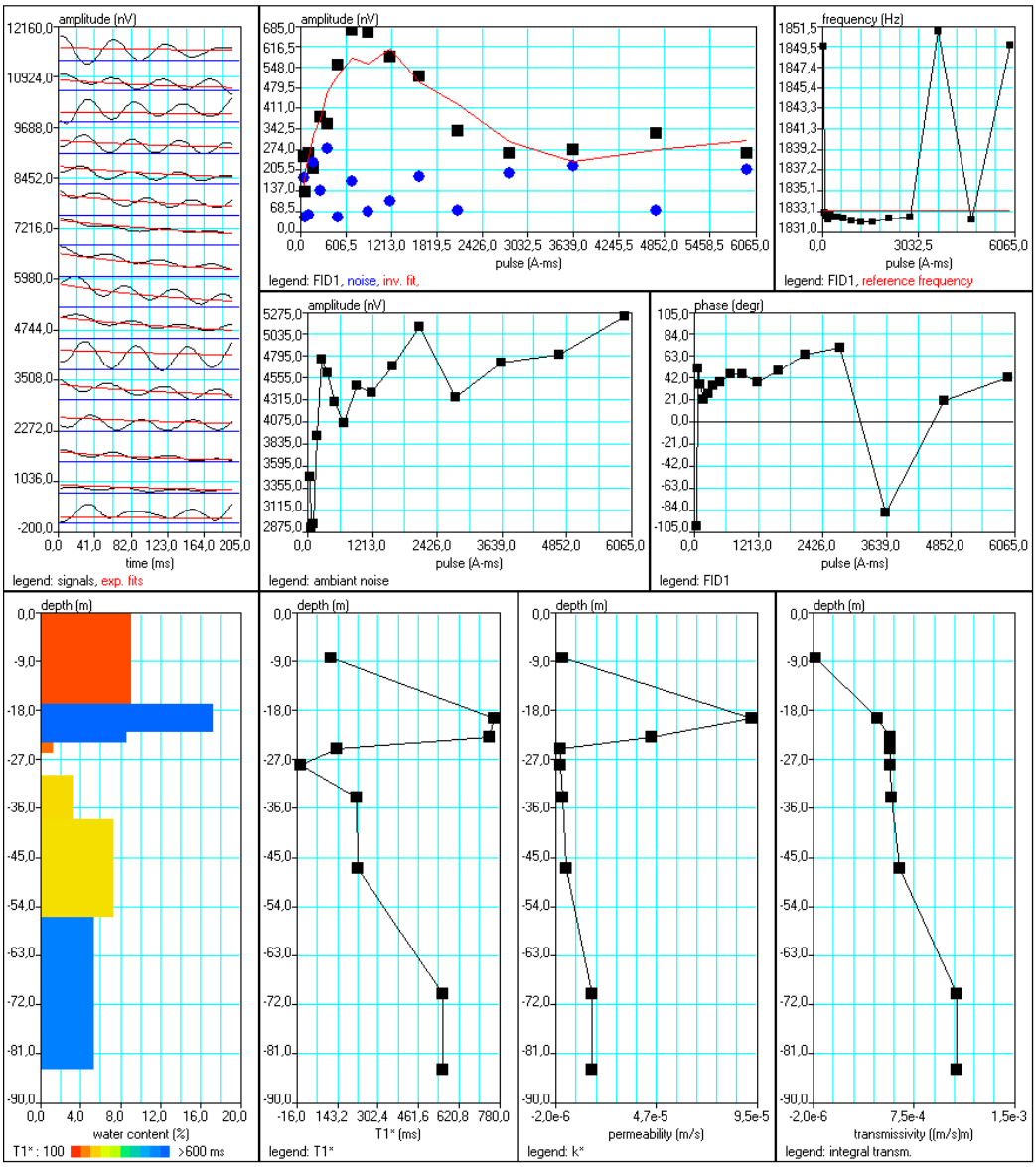
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	75oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-75m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.6
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	2.67
Fitting error :	4.5%
Parameter of regularization :	1178.7
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

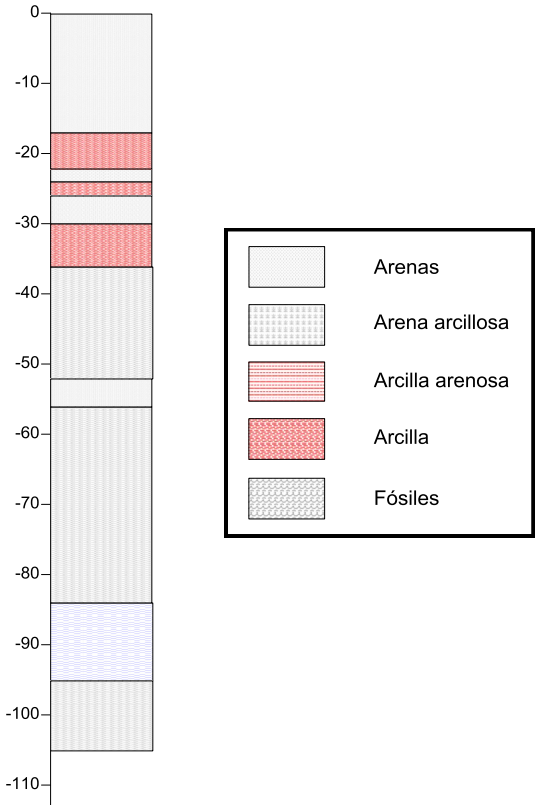
Sondeo IV-5-1

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	718699
Y (UTM H29 ED 50)	4113028
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	105
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	
Nivel piezométrico (m)	



Observaciones

Banco de Datos de SRM

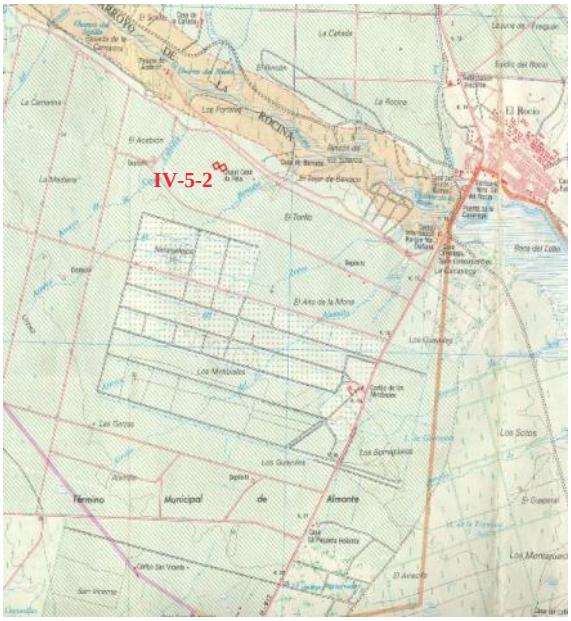
Identificación

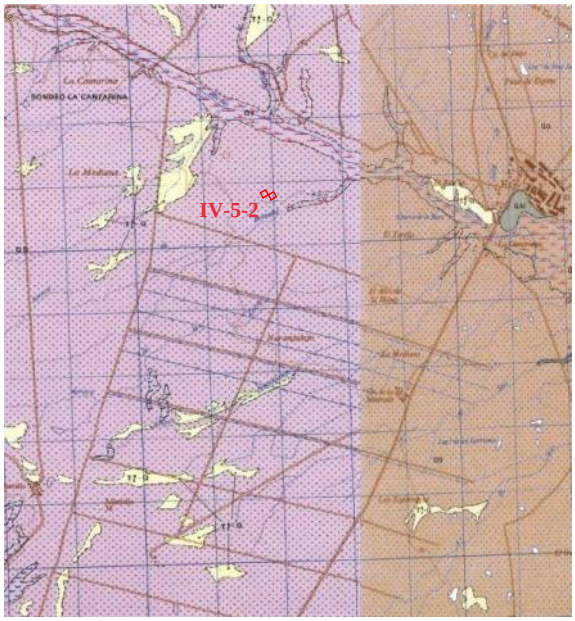
Nombre: SRM IV-5-2
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	718891
Y (UTM H29 ED 50)	4112757
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43055
Antena:	Ocho cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	75	**Stacking:**	36
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	1700
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	26-10-2005		

Observaciones

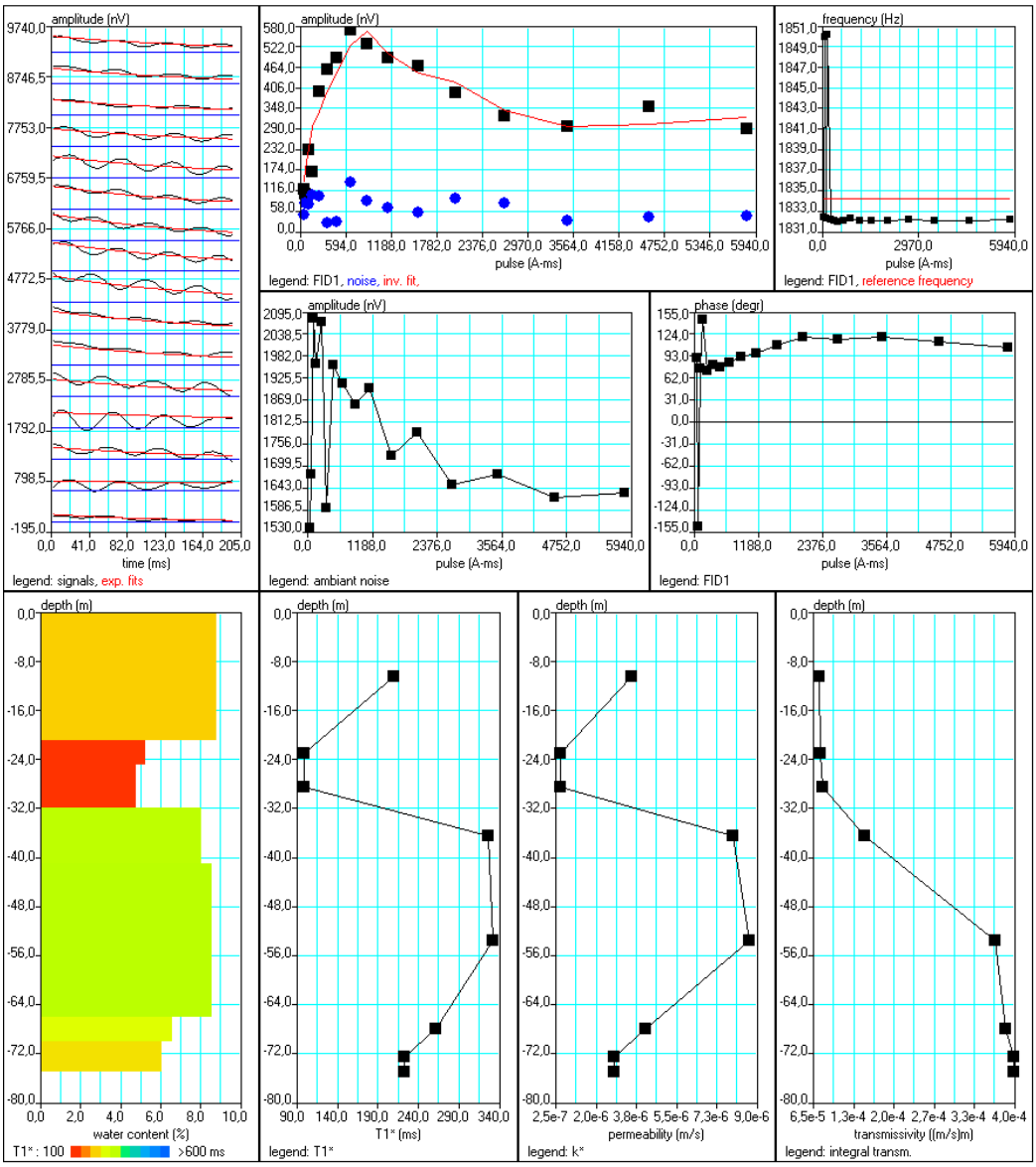
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	75oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-75m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	5.17
Fitting error :	3.4%
Parameter of regularization :	1419.1
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

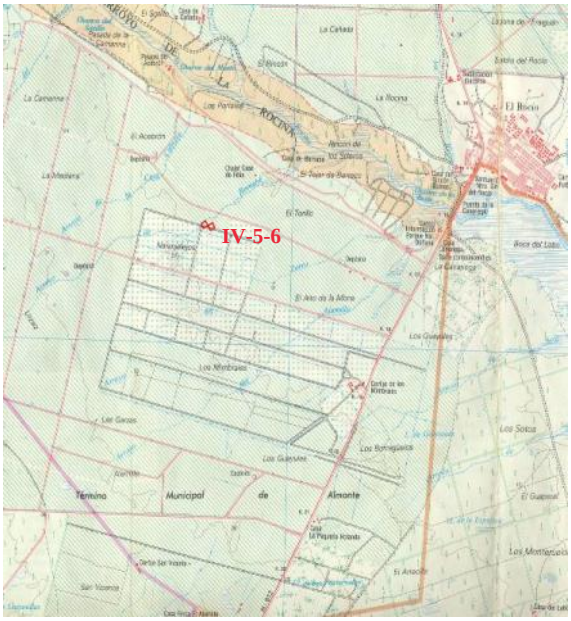
Identificación

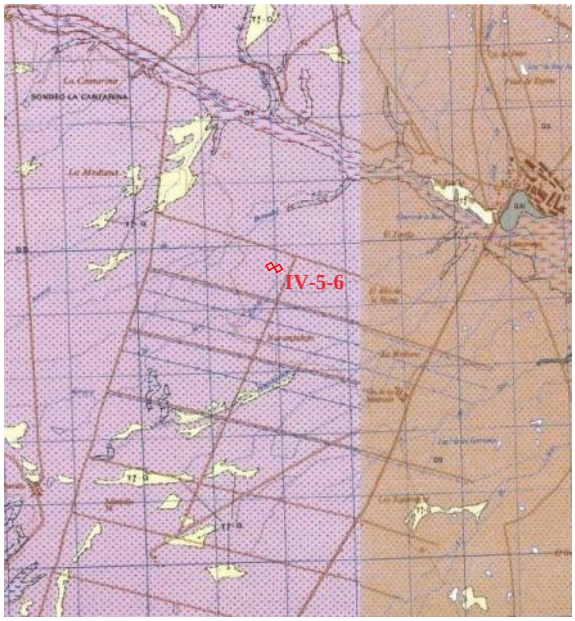
Nombre: SRM IV-5-6
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME:

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	718668
Y (UTM H29 ED 50)	4111804
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43018
Antena:	Ocho cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	75	**Stacking:**	24
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	2078
Frecuencia (Hz):	1833	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	25-10-2005		

Observaciones

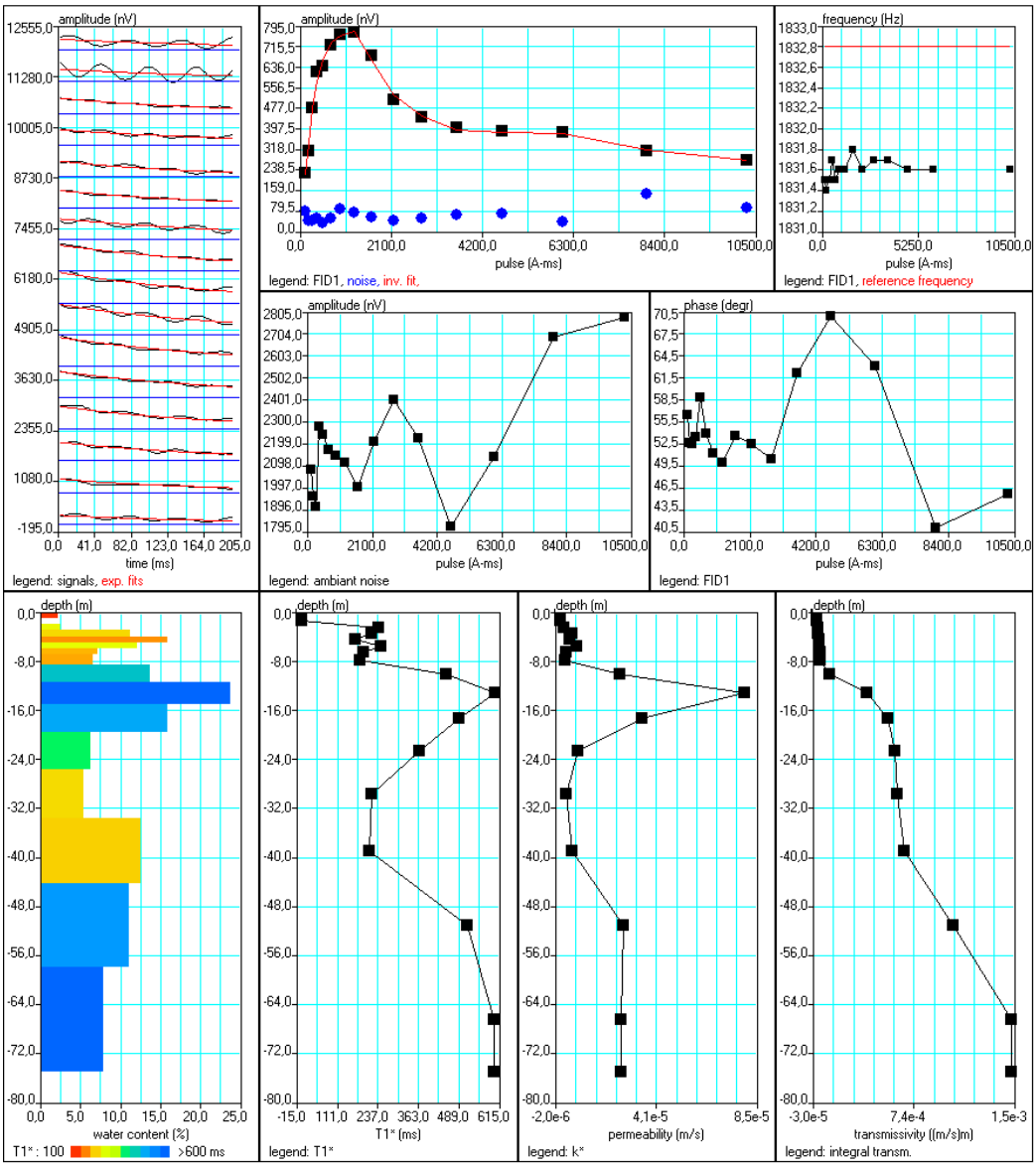
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	75oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-75m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	7.69
Fitting error :	0.77%
Parameter of regularization :	205.0
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

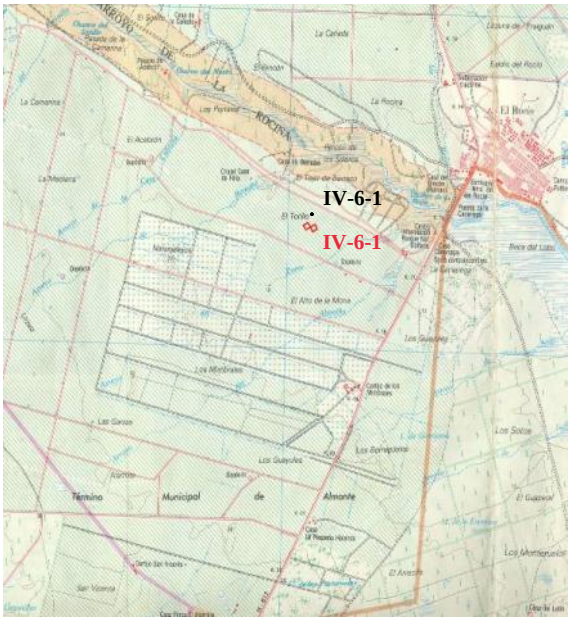
Identificación

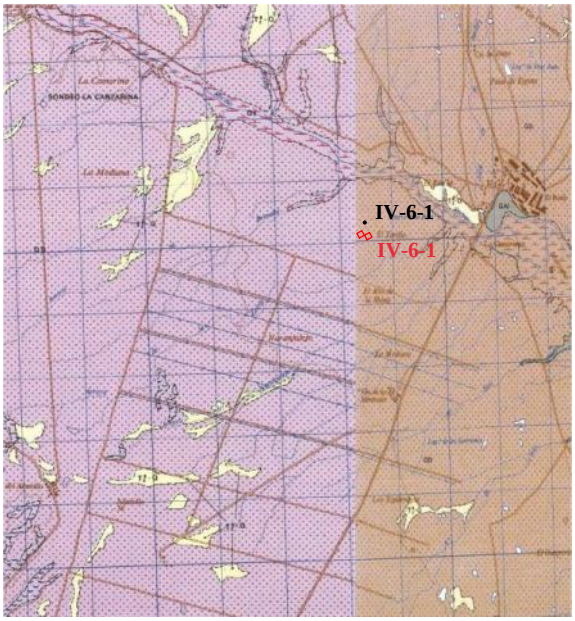
Nombre: SRM IV-6-1
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Rocío 1018

X (UTM H29 ED 50)	720447
Y (UTM H29 ED 50)	4111828
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43058
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	36
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	1864
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	27-10-2005		

Observaciones

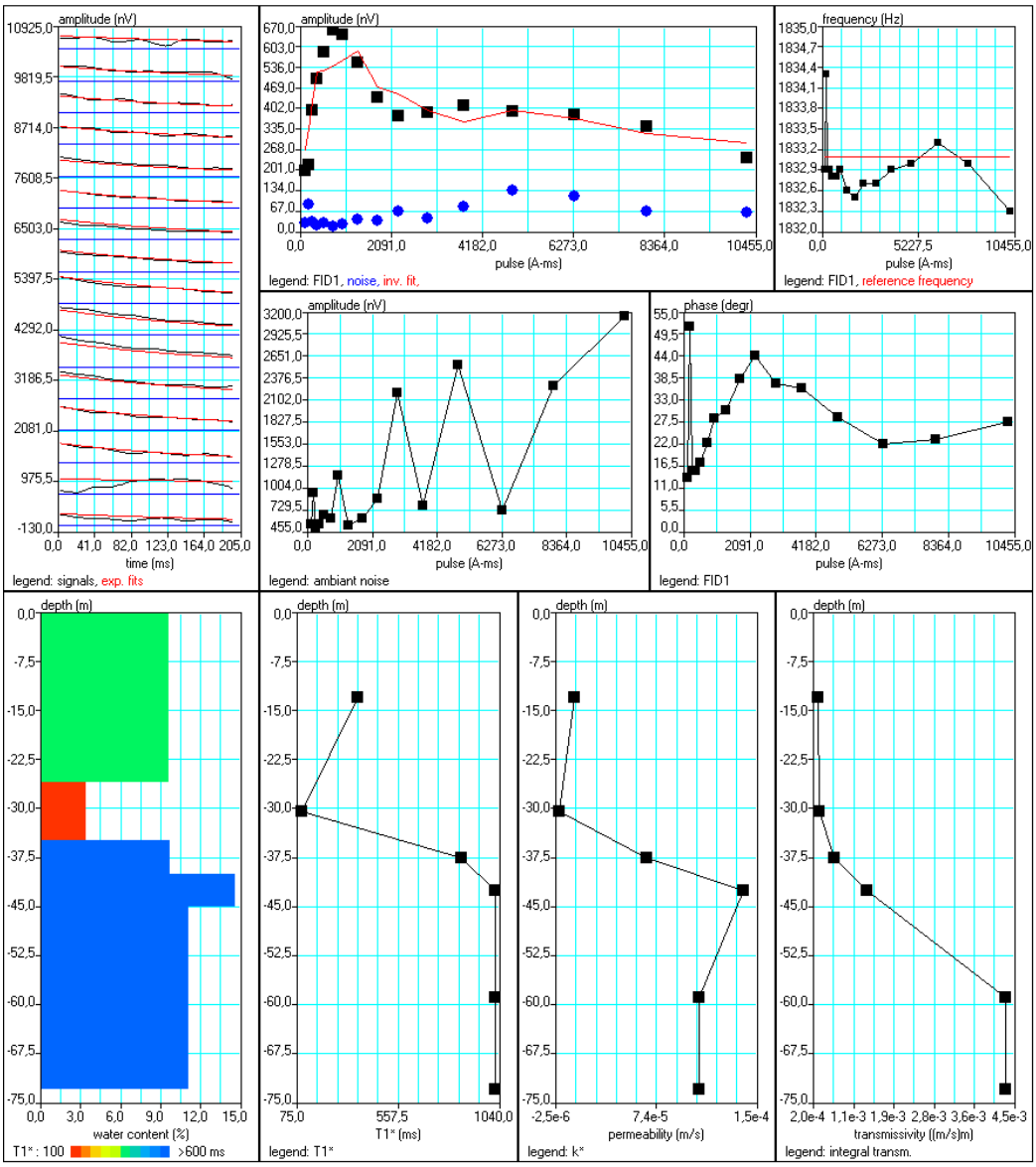
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	75oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-75m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.6
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	7.55
Fitting error :	3.6%
Parameter of regularization :	1220.7
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

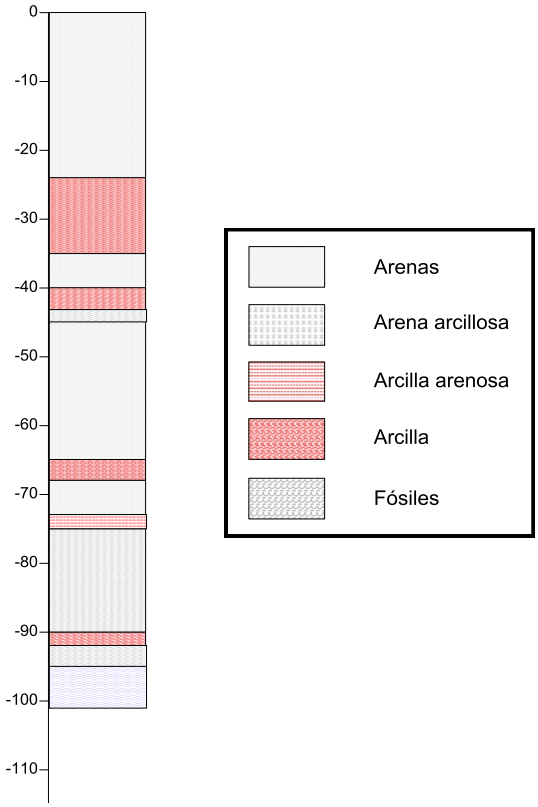
Sondeo IV-6-1

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	720445
Y (UTM H29 ED 50)	4111923
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	101
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	
Nivel piezométrico (m)	



Observaciones

Banco de Datos de SRM

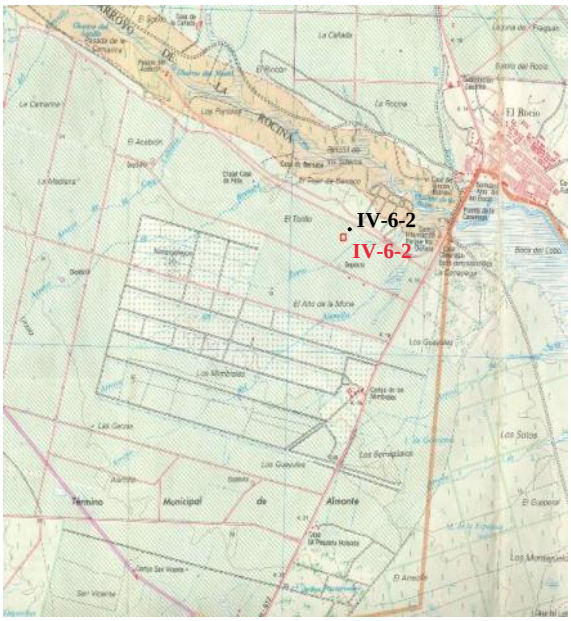
Identificación

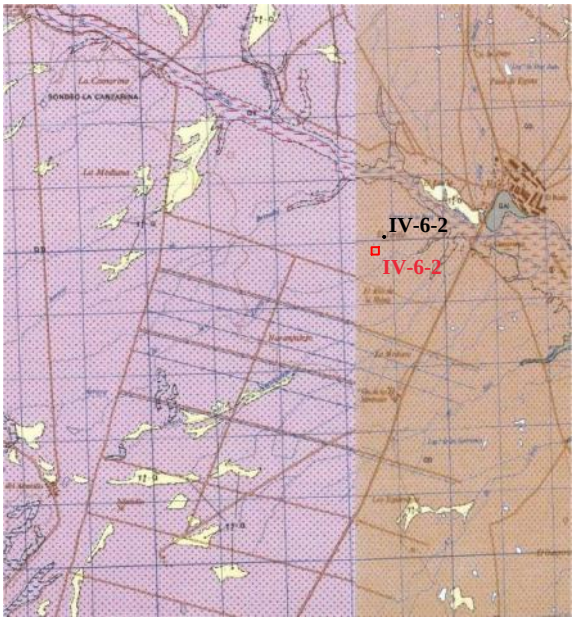
Nombre: SRM IV-6-2
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Rocío 1018

X (UTM H29 ED 50)	720949
Y (UTM H29 ED 50)	4111712
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43058
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	36
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	1864
Frecuencia (Hz):	1834	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	27-10-2005		

Observaciones

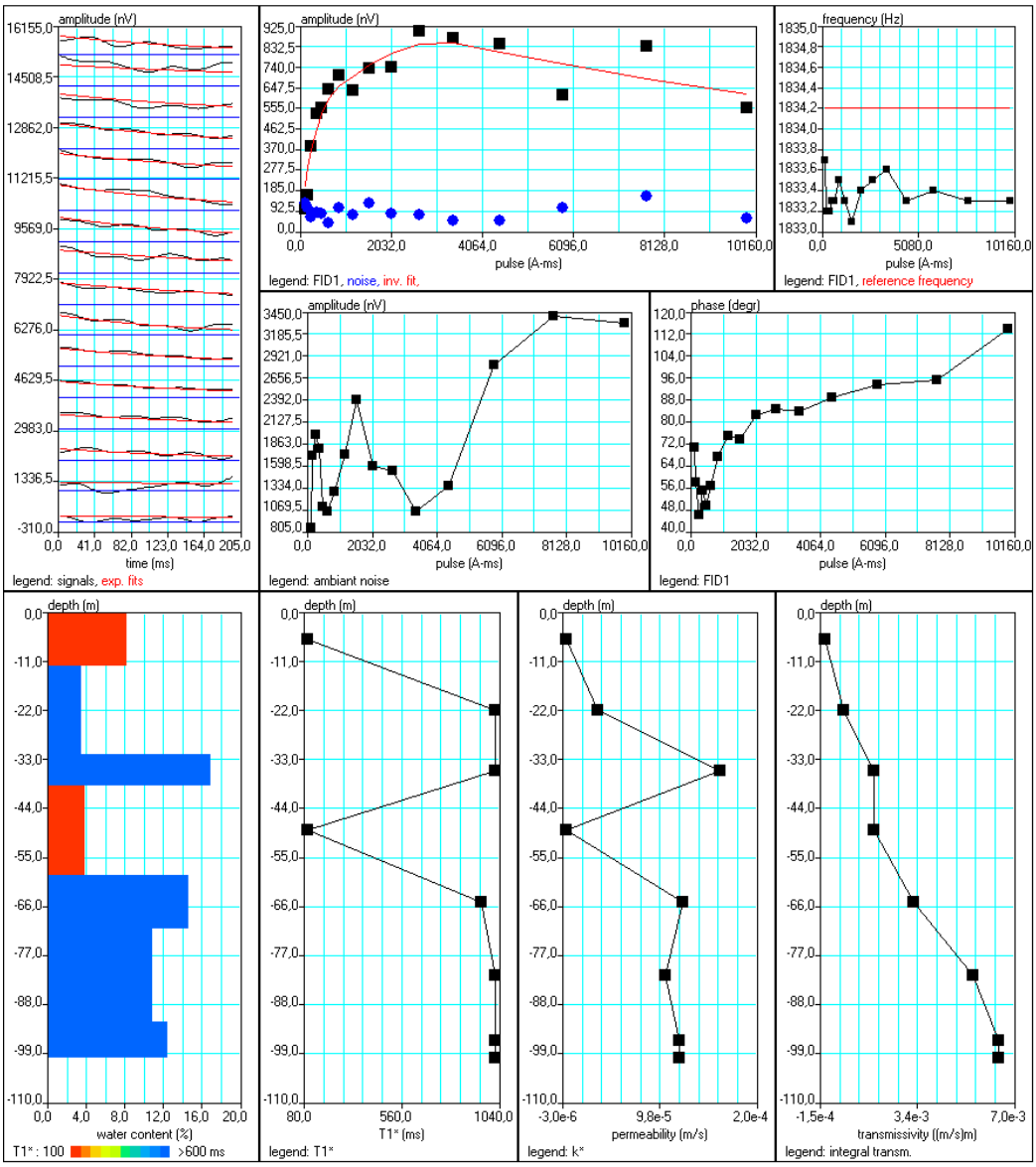
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.5
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	7.03
Fitting error :	3.2%
Parameter of regularization :	795.8
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

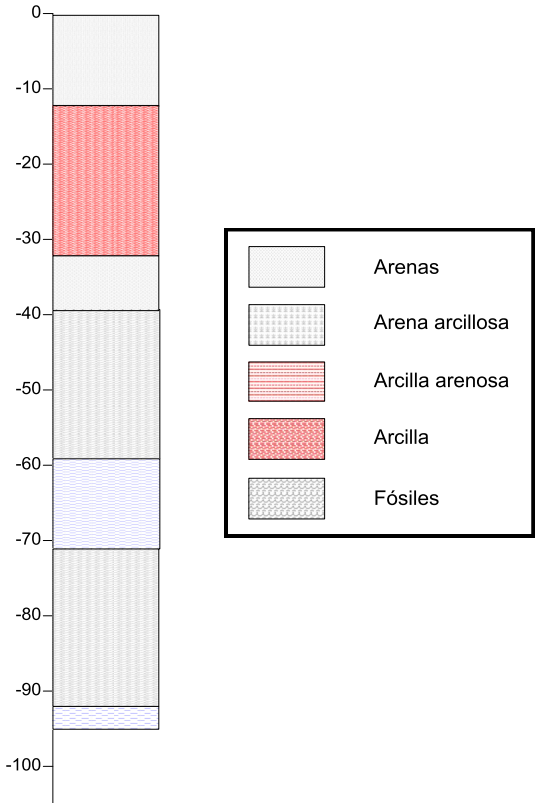
Sondeo IV-5-1

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	718699
Y (UTM H29 ED 50)	4113028
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	95
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	
Nivel piezométrico (m)	



Observaciones

Banco de Datos de SRM

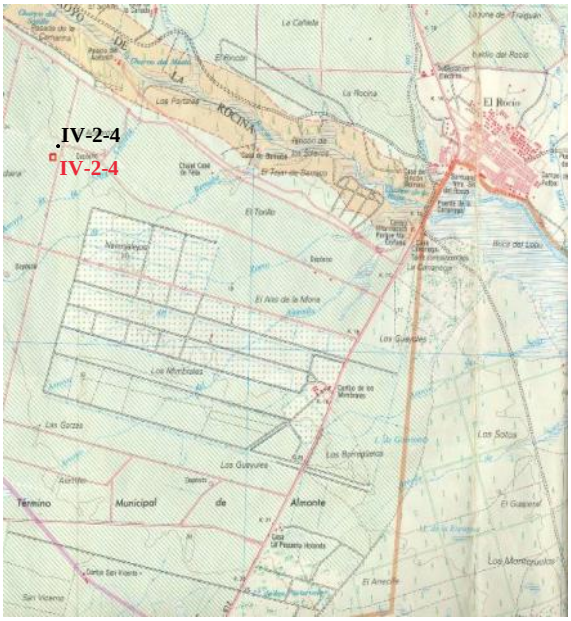
Identificación

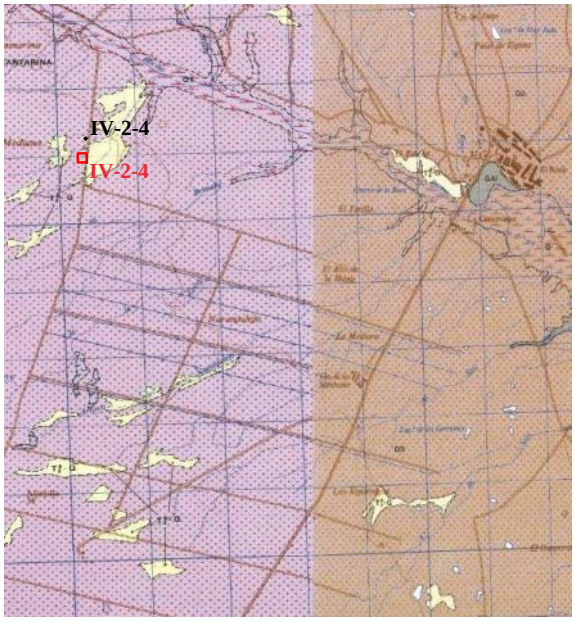
Nombre: SRM IV-2-4
Informe: Ensayo para la determinación de parámetros hidrodinámicos en una zona del acuífero Almonte-Marismas (Doñana-Huelva)
Autores: Juan L. Plata, Félix Rubio
Proyecto: Investigación, desarrollo e implementación de nuevos métodos geofísicos (I+D+I Geofísica, 2002/016)
Fecha: Noviembre 2007
Número en el centro de documentación del IGME: 63428

Localización

Comunidad Autónoma:	Andalucía
Provincia:	Huelva
Hoja MTN50:	El Abalario 1017

X (UTM H29 ED 50)	717011
Y (UTM H29 ED 50)	4112796
Cota	





Parámetros de adquisición

Equipo:	NUMIS PLUS	**Valor de B_0 (nT):**	43042
Antena:	Cuadrado	**Nº de pulsos:**	16
Tamaño (m):	150	**Stacking:**	36
Nº vueltas:	1	**Ruido (nV):**	2376
Frecuencia (Hz):	1833,6	**Nº de convertidores:**	2
Inclinación de B_0:	55º	**Software:**	Prodiviner (2005)
Fecha:	18-10-2005		

Observaciones

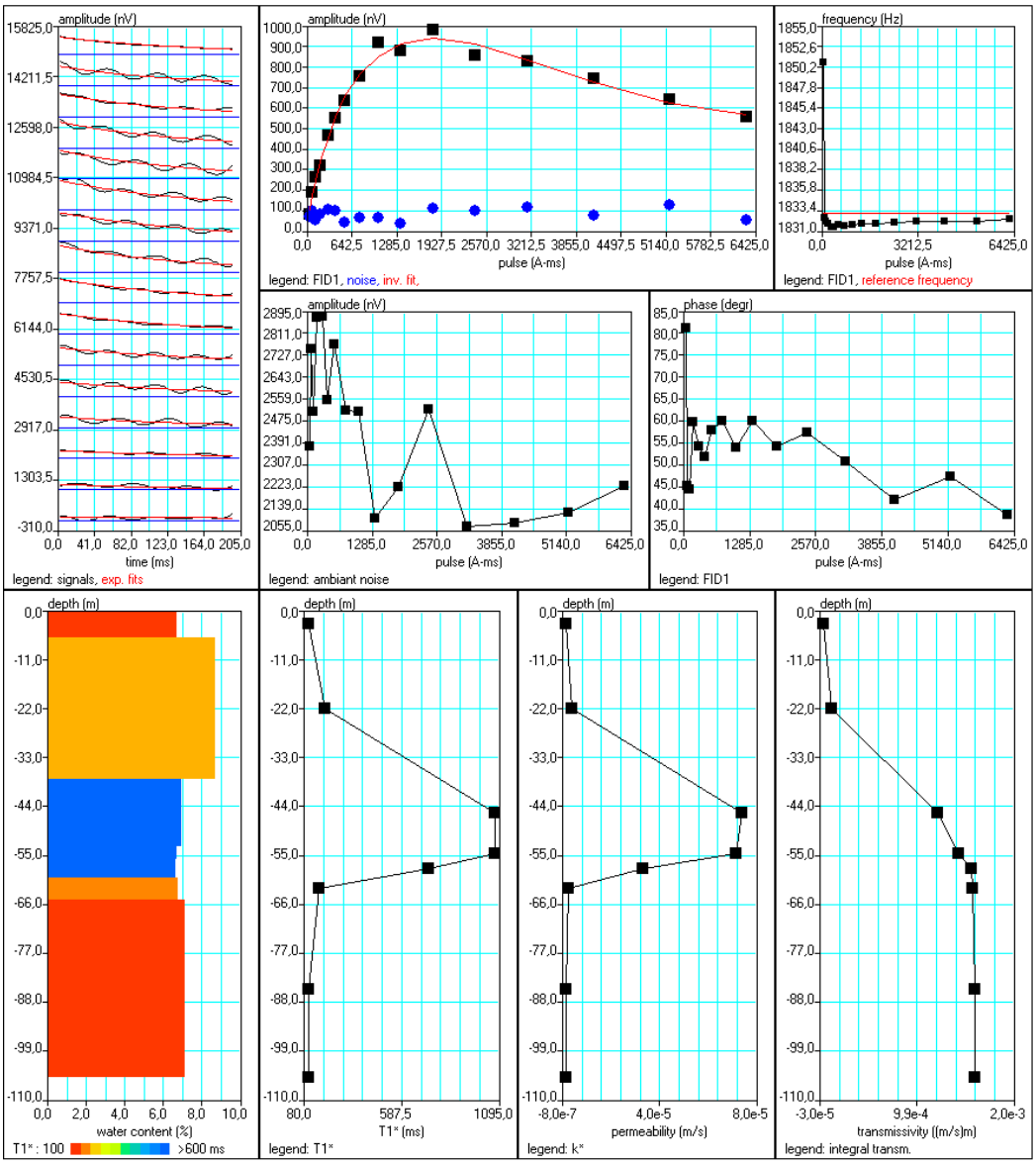
Datos de campo y archivos de interpretación en el anexo digital del informe

Banco de Datos de SRM

Interpretación

Matriz	150oeste.mrm
Sección geoeléctrica	
0m-2.5m	20 Ohm.m
2.5m-55m	240 Ohm.m
55m-150m	15 Ohm.m

Software:	SAMOVAR V.04
Filtering window (ms) :	198.6
Time constant (ms):	15.00
Average S/N :	7.46
Fitting error :	1.2 %
Parameter of regularization :	2868.7
Permeability constant Cpx:	9.22e-10



Banco de Datos de SRM

Información hidrogeológica

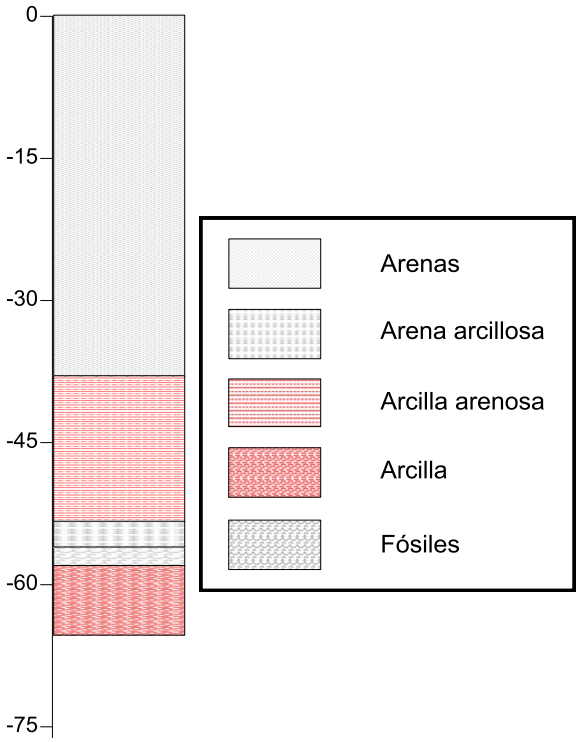
Sondeo IV-2-4

Coordenadas

X (UTM H29 ED 50)	717190
Y (UTM H29 ED 50)	4112940
Cota	

Datos hidrogeológicos

Profundidad (m)	64
Caudal (l/s)	
Transmisividad (m^2/s)	6e-04
Nivel piezométrico (m)	



Observaciones